NATURE INDEX ملحق
المملكة العربية السعودية

nature
الطبعة العربية
الدورية الشهرية العالمية للعلوم



خطرٌ متطوِّر

تطبيق مبادئ نظرية التطور على بيولوجيا الأورام وقدرتها على مقاوَمة العلاج، وكيفية التغلب على ذلك

صفحة 25

ذكاء اصطناعي

شركات عالمية تجذب الأكاديميين

الانتقال إلى مجال الصناعة يثير حماسًا قويًّا.. وبعض القلق أيضًا.

صفحة 18

فيزياء

تعاونوا من أجل بناء شبكة إنترنت كَمِّيَّة

الاستثمار في تقنيّات هجينةٍ؛ لتطوير مجال الاتصالات الكَمِّيَّة

صفحة 29

سيرة ذاتية

مختبَر يَخُصُّنِي

قراءة ممتعة لمذكرات عالِمة الأحياء القديمة هوب جارين

صفحة 34

ARABICEDITION.NATURE.COM
يونيو 2016 / السنة الرابعة / العدد 45
ISSN 977-2314-55003


nature podcast
العِلْم...حيثُما كُنت.
nature.com/nature/podcast
nature publishing group npg

nature

يونيو 2016 / السنـــة الرابعة / العـدد 45

فريق التحرير

رئيـس التحـرير: فيليب كامبل
نائب رئيس التحرير: كريـم الدجـوي
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسـن بيـومي
محــرر أول: نـهى هنـدي
محــرر علمي: سُفانة الباهي، لبنى أحمد نور
مدير الشئون الإدارية والمشروعات: ياسمين أمين
مساعد التحرير: رغدة سيد سعد
المدير الفني: محمـد عاشـور
مصمم جرافيك: عمرو رحمـة
مستشار التحريـر: أ.د. عبد العزيز بن محمـد السـويلم
مستشار الترجمة: أ. د. سلطان بن عبد العزيز المبارك
اشترك في هذا العدد: أبو الحجاج محمد بشير، ، حاتم النجد، رضوان عبد العال، ريم الكاشف، شادي طرابلسي، صديق عمر، طارق راشد، طارق قابيل، عائشة هيب، فكرات محمود، لينا الشهابي، محمد السيد يحيى، محمد الوكيل، محمود علي بصل، نسيبة داوود، نهال وفيق، هبة آدم، هبة الغايش، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، وليد خطاب.

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نيك كامبيل
مدير النشر: أماني شوقي

عرض الإعلانات، والرعاة الرسميون

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(J.Giuliani@nature.com)
الرعاة الرسميون: مدينة الملك عبد العزيز
للعلوم والتقنية KACST
http://www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية



التسويق والاشتراكات

التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626
تمت الطباعة لدى باكستون برس المحدودة، ديربيشاير، المملكة المتحدة.

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم في شهر

في هذا العدد من دورية "*Nature* الطبعة العربية" تجدون مختارات من منشورات دورية *Nature* الدولية في أربعة أعداد أسبوعية، من الخميس 14 إبريل إلى الخميس 5 مايو. ويضم العدد بين جنباته إضاءات على جوانب من آفاق تقدُّم العلوم، نقتطف منها ما يلي:

في قسم "التحقيقات"، وتحت عنوان "السرطان.. خطر متطوِّر" تحقيق يتناول كيفية تطور الأورام التي تخضع ـ مثل أيّ كائن حي ـ لقواعد الانتخاب الطبيعي، ونتعرف من خلال ذلك التحقيق على محاولات الأطباء حاليًّا للاستفادة من هذه الحقيقة في علاج السرطان، حيث "أدرك الباحثون منذ وقت طويل أن الأورام تتطور. ومع نموها، تنشأ الطفرات، وتظهر مجموعات الخلايا المختلفة جينيًّا، وتصمد الخلايا المقاوِمة للعلاج وتتكاثر. ويبدو أن الورم يتكيف مع أي دواء يستخدمه الأطباء، مهما كان نوعه. ولطالما وجد العلماء صعوبة في عكس خطوات عملية التكيف هذه، لأن تطور السرطان داخل الجسم يستغرق وقتًا يمتد إلى سنوات". وفي القسم نفسه أيضًا تحقيق آخر، تحت عنوان " مملكة القردة"، يتناول من خلاله ديفيد سيرانوسكي كيف استطاعت الصين أن تثبت مكانتها كرائدة عالمية لأبحاث الرئيسيات، وكيف ستصبح المكان الذي يتم فيه التحقق من صحة كل الاستراتيجيات العلاجية في المستقبل.

وفي قسم "التعليقات"، وتحت عنوان "تعاونوا من أجل بناء شبكة إنترنت كَمِّيَّة"، يتناول ستيفانو بيراندولا، وساموِيل إل. براونشتاين شبكات الاتصال الكمية، مؤكِّدَيْن أن "الاستثمار في تقنيّات هجينة من شأنه أن يثمر عن تطورات في مجال الاتصالات الكميّة". وفي "قسم كتب وفنون"، وتحت عنوان "مِن أجل شبكة وطنية للإنترنت"، يستعرض مايكل دي. جوردن "تاريخ فشل إنشاء الاتحاد السوفييتي لشبكة حاسوب وطنية"، من خلال عرضه لكتاب أخصائي الاتصالات بنيامين بيترز "كيف تمنع تشبيك الأمَّة" *How Not to Network a Nation*. وفي القسم نفسه أيضًا، وتحت عنوان "مختبَر يَخُصُّني"، تقدِّم جينيفر رون استعراض ممتع لمذكرات عالمة الأحياء القديمة هوب جارين، بما فيها من حياة علمية حافلة بالاكتشافات.

أمّا في قسم "أنباء وآراء"، وتحت عنوان "كيف تعمل مضادات الاكتئاب؟"، يتناول مارك جي. كارون، وأولريك جيتّر الكشف عن هيكل البروتين الناقل للسيروتونين "SERT" أثناء ارتباطه بنوعين من مضادات الاكتئاب، ويلقي الضوء على طريقة عمل هذه الأدوية، ويشير إلى أهداف محتملة لعمليات تطوير الدواء في المستقبل. وفي القسم نفسه أيضًا، وتحت عنوان "أربعة نيوترونات تجتمع للحظات"، يوضح كارلوس إيه. بيرتولاني، وفلاديمير زيليفينسكي أنّ "النواة رباعية النيوترونات هي حالة افتراضية في الفيزياء النووية. ومن شأن الأدلة التي تشير إلى وجود عابر لهذه الحالة أن تؤثر على الأبحاث التي تتم على النجوم النيوترونية".

وفي قسم "مهن علمية"، يتناول تحقيق، عنوانه "أجواء حافلة بالتغيرات"، كيف يتوجب على العلماء الذين يدرسون الحيوانات والنباتات أن يواكبوا تجاوب تلك الكائنات مع التغيرات التي تطرأ على البيئة. أما "صندوق الأدوات" لهذا العدد، فهو بعنوان "الصراع مع فيض الصور"، ويتناول الطرق الجديدة التي قد تساعد العلماء في مشاركة بيانات التجارب الهائلة، وتخزينها، مثل الصور، على سبيل المثال.

كما نقدم في هذا العدد ـ ولأول مرة ـ إصدارًا خاصًّا من مؤشر Nature (Nature Index) عن المملكة العربية السعودية، صَدَرَ في الثامن والعشرين من إبريل الماضي. كَتَب عنه محمد يحيى ـ رئيس تحرير موقع Nature Middle East ـ في افتتاحية الملف قائلًا: "يتتبَّع الملحق الأول لمؤشر Nature عن الشرق الأوسط مدى التغير الذي تَعَرَّض له الناتج العلمي السعودي على مدار السنوات الأربع الماضية، مبيِّنًا أن استثمارات المملكة في مجال العلوم بدأت تؤتي ثمارها، حيث تَخَطَّت المملكةُ جميعَ الدول العربية الأخرى في المنطقة، بل وتفوقت على قُوَى إقليمية رائدة؛ لتحقق ثاني أعلى ناتج في غرب آسيا في المؤشر".

ويمكن لقرّائنا الأعزاء الاطلاع على موضوعات إضافية متنوعة عديدة، من خلال موقع "*Nature* الطبعة العربية" على الإنترنت: arabicedition.nature.com.

نائب رئيس التحرير
كريم الدجوي

المحتويات

يونيو 2016 / السنة الرابعة / العدد 45

هــذا الـشــهــر

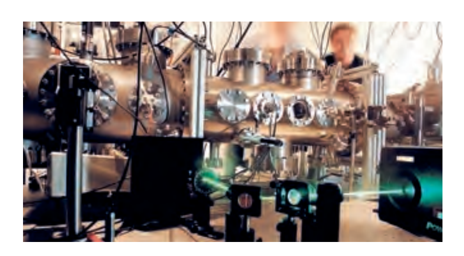


على الغلاف

السرطان: خطرٌ متطوِّر

رَسْم توضيحي للمعركة التي تخوضها خلايا الأورام؛ من أجل البقاء، حيث تخضع الأورام المقاومة للعلاج لقواعد الانتخاب الطبيعي ذاتها، شأنها في ذلك شأن الكائنات الحية الأخرى. ويسعى المعالِجون للاستفادة من هذه المعلومات صفحة 25

تعليقات



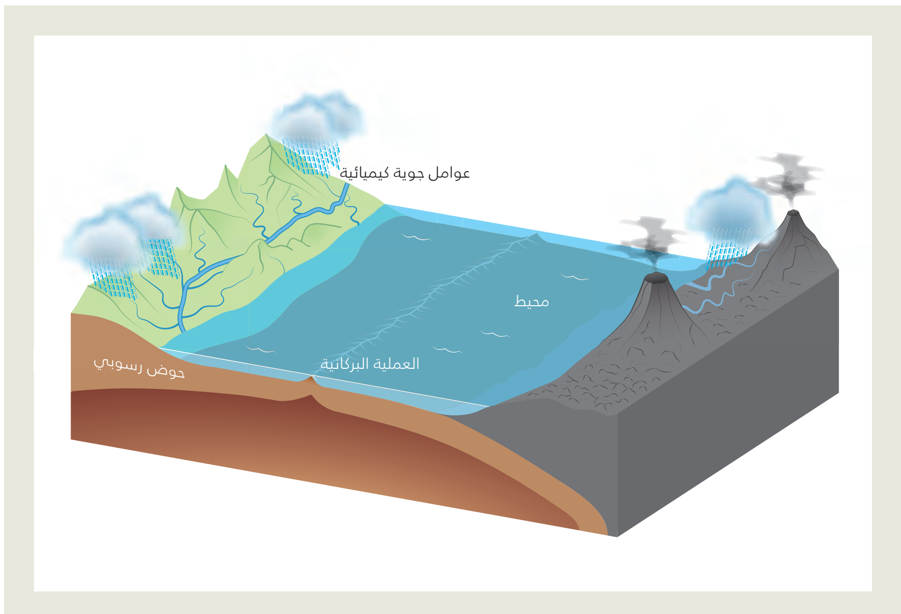


تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

يونيو 2016 / السنة الرابعة / العدد 45

أبحـــاث



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـــذا الشهـــر

افتتاحيات

ضوابـــط إنتــاج المحــاصيــل

يجب على العلماء المساعدة في توعية المنظِّمين الذين يحاولون جاهدين صياغة طرق للتعامل مع الجيل القادم من المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا.

تَجَمَّع في باريس في يوم 6 إبريل الماضي عددٌ من النشطاء؛ للاحتجاج على فئة ناشئة من المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا. ففي كثير من الأحيان، تصنِّف الجهات المنظِّمة تلك المحاصيل بوصفها نتاجًا لـ"تقنيات إنتاج جديدة" NBTs، تختلف أحيانًا عن الأصناف التقليدية المعدَّلة وراثيًّا "GM"، والمثيرة للجدل تاريخيًّا، ولكن بعض المحتجِّين ـ مثل أولئك الذين انضموا إلى مظاهرة "أصدقاء الأرض" في باريس في الأسبوع الثاني من إبريل الماضي ـ غير مقتنعِين بهذه الحجة. إنهم يُطْلِقون على النباتات الجديدة "الكائنات الخفية المعدَّلة وراثيًّا".

في جميع أنحاء العالم، تسعى الجهات المنظِّمة جاهدة لاتخاذ قرارات بشأن طريقة تكييف القواعد الحالية لتقنيات التعديل الوراثي؛ لاستخدامها مع الأصناف النباتية التي تم تصميمها باستخدام الأساليب المتطورة. وقد وجد الكثيرون أن آليات التنبيه التنظيمية التقليدية التي تَعتمِد على تعريفات "التعديل الوراثي" ـ أو "الكائن المعدَّل وراثيًّا" GMO ـ لم تعد تنطبق. وهم يتساءلون عما إذا كان من الضروري تنظيم بعض محاصيل تقنيات الإنتاج الجديدة بشكل مُطْلَق، أم لا.

إنها مشكلة معقدة، تتطلب إسهامًا مستمرًّا من الباحثين الذين هم على دراية بالعِلْم الذي يقف وراء هذه التقنيات.

يحاول كلا المصطلحين ـ "تقنيات الإنتاج الجديدة"، و"الكائنات الخفية المعدَّلة وراثيًّا" ـ وضع مظلة واحدة على مجموعة كبيرة من الأساليب، بعضها ليس تقنيات جديدة، ولا أساليب إنتاج، والكثير منها يختلف بشكل ملحوظ عن تقنيات التعديل الوراثي التقليدية. ينطبق المصطلحان ـ في الغالب ـ على المحاصيل المعدَّلة باستخدام إنزيمات النيوكليز، التي يمكن توجيهها لتغيير تسلسل حمض نووي محدَّد، أو إحداث طفرات، أو إدخال تسلسلات جديدة في الجينوم. وعلى سبيل المثال.. تقع تقنية "كريسبر/كاس9" الشهيرة لتعديل الجينات ضمن هذه الفئة، غير أن مصطلح "تقنيات الإنتاج الجديدة" يشير أيضًا إلى طرق لإسكات الجينات باستخدام تَدَخُّل الحمض النووي الريبي؛ لإنشاء طفرات، دون استخدام إنزيمات النيوكليز، وحتى لتطعيم نبات غير معدَّل وراثيًّا على جِذْر معدَّل وراثيًّا.

أحيانًا ما تضع مناقشات الجمهور والجهات التنظيمية جميع تلك التقنيات في سلة واحدة، مع أن النباتات التي تسفر عنها يمكن أن تختلف بشكل كبير. وتوجد بعض الطفرات التي يتم استحداثها في الجينوم بالفعل في الفصائل المتماثلة من النباتات البرية في الطبيعة. إذًا، هل ينبغي تنظيم مثل هذه المحاصيل بالصرامة نفسها التي يتم بها تنظيم المحاصيل التي استُخدِمَت فيها تقنية "كريسبر-كاس9"؛ لإدراج تسلسلات جديدة في الجينوم؟ وماذا لو كان قد تم إدراج قاعدتين من قواعد الحمض النووي؟ أو 200 قاعدة؟

من الواضح أن جَمْع كل ذلك في إطار تنظيمي متماسك، لا إفراط فيه ولا تفريط في تنظيم محاصيل "تقنيات الإنتاج الجديدة"، يمثل تحديًا للقائمين بهذه المهمة، وسيكون هناك حتمًا دافعٌ للتبسيط. كما ينبغي على الباحثين اغتنام كل فرصة؛ لتوعية المشاركين في العملية، وضمان أن التبسيط لا يشوِّه مهمة الرقابة.

ويبيِّن الأسلوب الذي انتهجته وزارة الزراعة الأمريكية في الرقابة على المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا كيف يمكن لنظام تنظيمي أن يشرُد بعيدًا عن العِلْم. ويعتمد تنظيم المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا في تلك الوكالة على سلطتها في التحكُّم في الآفات النباتية، والأعشاب الضارة. وقد كان للنظام بعض الأهمية بالنسبة إلى الجيل الأول من تلك المحاصيل، حيث صُمم الكثير منها باستخدام عناصر وراثية من مسبِّبات الأمراض النباتية.

هذا.. غير أن النظام يفقد أهميته بسرعة في مواجهة "تقنيات الإنتاج الجديدة".. ففي أكثر من 24 حالة، قضت الوكالة بأنّ نباتًا معينًا ـ تم إنتاجه بتلك التقنيات ـ لا يندرج تحت نطاق اختصاصها التنظيمي، لأنه لا يترتب على إنتاجه استخدام آفات نباتية، وليس من المرجَّح أن يُسْفِر عن أعشاب ضارة. وقد تكون هذه القرارات سليمة علميًّا، لكنها لا تستند إلى أدلة علمية قوية.

وتعيد الوكالة النظر حاليًّا في ذلك الهيكل التنظيمي. وهناك فرصة كبيرة للعلماء للمشاركة في بناء هذا الهيكل التنظيمي، فقد نشرت الوكالة مسودة بيان سَرَد بعض الإمكانيات المحتمَلة للتنظيم، وأُتيح للجمهور التعليق عليها حتى يوم 21 إبريل الماضي (انظر: go.nature.com/oftgcw). كما شَكَّلت الأكاديميات الوطنية للعلوم، والهندسة، والطب بالولايات المتحدة لجنة لتقييم التطورات المستقبلية في مجال منتجات التقنية الحيوية، بما في ذلك المحاصيل المعدَّلة، ودراسة كيف يمكن أن تؤثر تلك التطورات على الأطر التنظيمية. ومن المرجَّح أن يكون التقرير مؤثرًا، وينبغي أن يشارك العلماء في المناقشات بشكل مكثف.

> «هناك مجال لحوار صحي حول كيفية تنظيم تلك المحاصيل».

ولا تقتصر مثل هذه الفرص على الولايات المتحدة، فحتى إذا اعتبرنا المشاركات من المناطق الأخرى قائمة بشكل غير مباشر، إلا أنها قد تكون مؤثرة. فعلى سبيل المثال.. بدلًا من التطلع إلى تقريرٍ طال انتظاره من المفوضية الأوروبية؛ لتوجيه الجهات المنظمة، قامت "منظمة علوم النبات الأوروبية" في بروكسل بالفعل بإصدار عدة بيانات، وضَمَّت مجموعة مواد تعليمية معًا، تتعلق بتقنيات الإنتاج الجديدة (انظر: go.nature.com/vcedfo).

هناك مجال لحوار صحي حول كيفية تنظيم تلك المحاصيل. فقد يؤيد البعض ضرورة وجود مزيد من الرقابة، وقد يريد البعض الآخر تخفيف القيود. ولكي يكون هذا النِّقاش مثمرًا، ينبغي أن تتوفر له المعلومات اللازمة بشكل جيد. وتقع مسؤولية ضمان ذلك على العلماء الذين لديهم اهتمام بهذا المجال. ■

دروس مستفــادة من الإنســان القــديـم

تشير المراحل النهائية من نزاع دائر حول رفات أحد السكان الأمريكيين الأصليين إلى ضرورة وجود قواعد أوضح، تتحكم في مصير هذه البقايا البشرية.

شهدت العقود الماضية نشوب صراع حول مصير رفات الإنسان القديم، التي تعود إلى 8,500 عام مضت، وأُطْلِق عليه اسم "إنسان كينويك". وها نحن على وشك أن نشهد نهاية هذا الصراع. ففي الأسبوع الأخير من إبريل الماضي، قررت حكومة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الولايات المتحدة أن هذه الرفات تعود إلى إنسان أمريكي من السكان الأصليين، وبالتالي فهي تخضع للقانون الذي يضمن استعادة رفات السكان الأمريكيين الأصليين، والأعمال الفنية.

وتتنافس خمس قبائل لنَيْل الوصاية على بقايا العظام. وإذا ما تمكَّنت أي قبيلة من إثبات تبعية "إنسان كينويك" لها؛ فسوف تحصل على حق إعادة دفن الرفات، وهو الأمر الذي تطالب به القبائل منذ اكتشاف البقايا على ضفاف نهر كولومبيا بالقرب من كينوويك في واشنطن في عام 1996. ومن شأن العثور على الإنسان القديم ـ كما تُطْلِق عليه القبائل ـ أن يساعد في رأب الصدع بين الباحثين، والسكان الأمريكيين الأصليين. هذا.. بالإضافة إلى أن الأمر بأكمله يستدعي إعادة النظر في القوانين. وفي عصرنا هذا، الذي تمكّننا فيه دراسة الجينومات القديمة من كشف أواصر الصلة المذهلة بين الشعوب التاريخية، يتوجب علينا ألّا نتوقف بالسؤال عمّا إذا كان يجب دفن الرفات، أم غير ذلك، بل مَن يقرِّر ذلك، وعلى أي أساس؟

وقد مَهَّد جينوم "إنسان كينويك" ـ الذي نُشر في العام الماضي في دورية *Nature* الدولية (.M. Rasmussen *et al*. *Nature* **523**, 455-458; 2015) ـ الطريق أمام فيلق المهندسين في الجيش الأميركي، الذي يدير المنطقة التي عُثر فيها على الرفات، لإعلان نَسَبه إلى السكان الأمريكيين الأصليين، بينما قبل نشر هذه الورقة البحثية، كانت هذه العظام في طيّ النسيان، ولم تكن معروضة، وغير مسموح بالاطلاع عليها سوى للعلماء، وللقبائل التي تسعى للحصول عليها من أجل إعادة دفنها.

«يُعتبر التحليل الجينومي أداة فعالة في إعادة صياغة التاريخ البشري».

ولقد أثبت الجينوم المنشور أن "إنسان كينويك" أكثر ارتباطًا بالشعوب الأمريكية الأصلية منه إلى الشعوب الأخرى التي أخذت منها عينات الدراسة. وقد كانت تلك النتيجة متوقعة، كما أنها قضت على النظريات التي نَسَبَت "إنسان كينويك" إلى الشعوب الأوروبية، أو إلى إحدى جماعات السكان الأصليين باليابان، لكنْ وجد الباحثون أيضًا أن هناك جماعات في أمريكا الجنوبية ـ مثل قبيلة كاريتيانا، التي تعيش في أعماق غابات الأمازون ـ تبدو أكثر ارتباطًا بإنسان كينويك من العديد من القبائل في أمريكا الشمالية، مثل قبيلة الأوجيبوا، التي تسكن منطقة البحيرات العظمى.

ومن بين القبائل الخمس المطالبة بإعادة دفن الرفات، قَدَّمَ أفراد القبائل المتحالفة ضمن إطار محمية كولفيل عينات من الحمض النووي الخاص بها؛ لإجراء المقارنة، وإثبات الصلة. وقد خلصت النتائج إلى وجود صلة نسب وثيقة نسبيًّا بين أفراد هذه القبيلة، و"إنسان كينويك"، لكنها صلة لا تختلف عن تلك التي تربطه مع مجموعات أخرى من أمريكا الشمالية والجنوبية.

وتعطي هذه النتائج حول أصول السكان الأصليين لمحةً حول حركة إعمار الأمريكتين، التي يرجح أنها بدأت قبل حوالي 15,000 عام، عندما عَبَرَت جماعات من آسيا جسر بيرنج البري إلى ما يُعرَف الآن بـ"ألاسكا". ولا يزال الباحثون يحاولون دراسة هذه الرحلة الطويلة المضنية، التي تُعتبر واحدة من أكثر المساحات البحثية إثارةً في مجال علم وراثة العشائر. وتشير العينات الجينومية ـ سواء المأخوذة من الإنسان القديم، أم مِن المعاصر ـ إلى أن تلك الرحلة لم تكن بسيطة بأي شكل كان، فربما تضمنت استقرار موجات متعددة من البشر في القارات، وتنقَّلت فيما بعد، مُسْتَوْلِيةً على أماكن السكان السابقين لهم.

وستمثل علاقة "إنسان كينويك" الوراثية بالشعوب الأمريكية الأصلية المعاصرة ـ بما فيها قبيلة كولفيل ـ عنصرًا مهمًّا في عملية اتخاذ القرار التي تنتظر حكومة الولايات المتحدة، وهي تحديد أي القبائل لها الحق في المطالبة قانونيًّا بالرفات.

وستحتاج القبائل ـ من أجل إثبات أحقيتها في الحصول على الرفات ـ إلى إثبات انتماء "إنسان كينويك" إليها ثقافيًّا، من خلال الاعتماد على أدلة أثرية، وجغرافية، وبيولوجية. وهنا تكمن المعضلة، فربما كان أفراد قبيلة كولفيل وغيرها من قبائل ولاية واشنطن الأربع الساعية إلى نَيْل حق إعادة دفن الرفات بالفعل ينتمون إلى نسل "إنسان كينويك"، لكن هذا قد ينطبق أيضًا على جماعات أخرى عديدة، ومنها بعض الجماعات في أمريكا الجنوبية. فهل من حق قبيلة مثل كاريتيانا المطالَبة بالرفات أيضًا؟

ومن المحتمل أن يتمكن الباحثون من العثور على أشخاص أكثر ارتباطًا بإنسان كينويك من أبناء القبائل (أولئك الذين لهم تاريخ مشترك من التزاوج، وربما لديهم علاقات ارتباط مماثلة بإنسان كينويك)، فهناك فجوات كبيرة في فهم التنوع الجيني للإنسان الأمريكي الأصلي. وقد يكشف تحليل الحمض النووي عن وجود صلات غير متوقعة، وهو ما وجدته دراسة أجريت في العام الماضي، ذكرت أن قبيلة كاريتيانا وقبيلة أخرى أمازونية تمتلكان صلة قرابة غير متوقَّعة مع السكان الأصليين لقارة أستراليا (P. Skoglund *et al*. *Nature* **525**, 104-108; 2015).

ويُعتبر التحليل الجينومي أداة فعالة في إعادة صياغة التاريخ البشري، لكن يتوجب على حكومة الولايات المتحدة الحذر في تقرير مصير الرفات. وقد ينتهي المطاف برفات الإنسان القديم إلى قاع الأرض، وحينها سيشعر العلماء بحجم الخسارة، لكنْ هناك أيضًا بارقة أمل في أن تنتهي النزاعات الدائرة بين العلماء والسكان الأصليين، وتصبح جزءًا من الماضي، وأن تضم الأجيال الجديدة من علماء الوراثة السكان الأصليين في بحوثهم، من خلال وضع خطط للتعامل مع الرفات البشرية، قبل أن يتم اكتشافها.

أما في الوقت الراهن، فقد يكون موقف علم الوراثة من تحديد هوية أحفاد "إنسان كينويك" غامضًا، لكن إشراك العلم في هذه القضية هو أفضل سبيل للكشف عن تاريخ العلاقات البشرية الممتد إلى آلاف السنوات، وهو ما سيعود بالنفع على الجميع. ■

توقُّـــع الــذكـــاء الاصطنــاعي

إن المخاوف المتعلقة بالذكاء الاصطناعي لا تهدف إلى إثارة الذعر، فالتقدم في هذا المجال سيكون له بالغ الأثر على المجتمع، وينبغي علينا التأكد من أن هذا التأثير سيصبّ في مصلحة الجميع.

في يناير الماضي، مَنَحَت مؤسسةُ "تقنية المعلومات والابتكار" في واشنطن دي سي مجموعةً من نجوم العلم اللامعين ـ الذين أثاروا المخاوف والهلع في عام 2015 بشأن الذكاء الاصطناعي، وما قد يعنيه هذا من فَناء للإنسانية ـ جائزةَ "لاديت" Luddite السنوية. وكان من بين أسماء ممنوحِي الجائزة المخترع الرائد إلون ماسك، وعالِم الفيزياء ستيفن هوكينج.

وفي يناير من العام الماضي، وَقَّع كلاهما خطابًا مفتوحًا، يحث على القيام بأبحاث، ووضع أطر عمل تنظيمية وأخلاقية؛ لضمان أن يعمل الذكاء الاصطناعي على إفادة البشرية، ولضمان "أن تقوم أنظمة الذكاء الاصطناعي الخاصة بنا بما نريدها نحن أن تفعل".

وفي ظل تقدُّم الذكاء الاصطناعي في مجالات الروبوت، والحوسبة السحابية، والتصنيع الدقيق، سوف تبرز نقاط حرجة في أي من تلك التغيرات التكنولوجية المهمة، ومن الممكن أن تحدث بسرعة كبيرة. ويمكن القول بشكل حاسم إنّ التقدم في الرؤية الروبوتية والسمع الروبوتي ـ ودمجهما مع الذكاء الاصطناعي ـ يسمح للروبوتات بإدراك بيئاتها بشكل أفضل، وهو ما قد يؤدي إلى سيل من تطبيقات الروبوت الذكية، بما في ذلك تلك التي ستعمل فيها الروبوتات عن قُرْب مع البشر.

وقد كان الجدل الأكاديمي حول الذكاء الاصطناعي مستقطبًا دومًا بين المتشككين والمستقبليين الحالمين، لكنْ هناك إجماع في الوقت الحالي على ضرورة إيجاد أرض مشتركة، والاتفاق على أن بحوث الذكاء الاصطناعي سيكون لها بالغ الأثر على المجتمع. وبالنسبة إلى المتشككين في أن هذا التطور أوشك على التحقق، فيجب علينا أن نضع في الاعتبار أن شركات مثل "جوجل"، و"تويوتا"، و"فيسبوك"، و"ميكروسوفت"، وشركات أخرى تصبّ مليارات الدولارات في بحوث الذكاء الاصطناعي والروبوت، وترى فيها آخِر صيحة لتحقيق الأرباح. ولذا.. فإن الجهود الرامية إلى تسريع وتيرة البحوث يجب أن تصحبها آليات للحماية ضد الشراك المحتمَلة لهذه التقنيات القوية.

وإلحاقًا بهذا الموضوع، نلحظ أنّ ستيوارت راسل ـ عالِم الكمبيوتر في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، المعروف بآرائه المتشككة حول الإفراط في توقُّع آثار التطور التقني ـ مقتنع بأن الوقت قد حان لتقييم وتخفيف المخاطر المحتملة. يقول راسل، الذي كان قوة دافعة وراء الخطاب المفتوح الذي وَقَّعَه ماسك وهوكينج: "إن هناك تقنيات عديدة بلغت مستوى، يمكن فيه أن تتطور في اتجاهات ضارة محتملة".

إذًا، ما هي المخاطر المحتملة؟ يمكن للآلات والروبوتات التي تعمل بشكل

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أفضل من البشر في كل شيء أن تطوِّر نفسها؛ لتخرج عن سيطرتنا، وقد لا تتوافق مَصالِحها مع مَصالِحنا. إن هذا السيناريو المتطرف ـ الذي لا يمكن تجاهُله ـ هو ما يجذب أكبر اهتمام شعبي، وسيكون من الخطأ أن نتجاهل كافة هذه المخاوف. فمن بين المخاطر الآنِيَّة والأكثر إلحاحًا، نجد في ظل وجود بعض التطبيقات الأولية للذكاء الاصطناعي، التي يمكنها القيام ببعض المهام بشكل أفضل من البشر، لم يتوقع الكثير من الناس أن يفتح الإنترنت وغيره من التقنيات الطريق لمراقبة الجمهور ـ التي غالبًا ما تكون عشوائية ـ من جانب وكالات المخابرات، وجهات إنفاذ القانون، وهو ما يهدد مبادئ الخصوصية والحق في المعارضة، التي قد تصبح أكثر انتشارًا وقوة بمساعدة الذكاء الاصطناعي.

«في ظل تقدُّم الذكاء الاصطناعي في مجالات الروبوتيات، مِن المرجَّح أن تحدث تغيرات تكنولوجية مهمة بسرعة كبيرة».

وهناك أيضًا تهديدات الأمن الإلكتروني "السَّيْبَرِيّ" للمدن الذكية، والبِنَى التحتية، والصناعات التي أصبحت أكثر اعتمادًا على الذكاء الاصطناعي، وأكثرها وضوحًا يتمثل في الطائرات التي تطير بدون طيّار، وغيرها من أنظمة الأسلحة الذاتية، التي قد تتخذ قرارات قاتلة بمفردها.

لقد بدأت الموجة الأولى من الذكاء الاصطناعي تجتاح حياتنا بشكل غير واضح، بدءًا من تقنيات التعرف على الصوت، والحديث، ومحركات البحث، حتى تصنيف الصور، وباتت السيارات ذاتية القيادة، والتطبيقات المرتبطة بالرعاية الصحية على مرمى البصر، وبإمكان الموجات اللاحقة أن تغيِّر قطاعات واسعة من الاقتصاد، والعلوم، والمجتمع. وهذا سيقدم فوائد كبيرة بلا شك، ولكنْ لمن؟

تاريخيًّا، تسببت حركة التحول إلى الأنظمة الأوتوماتيكية في المجال الزراعي والصناعي في انقراض جماعي للوظائف، كما أدَّت إلى تغيرات مجتمعية عميقة؛ بما فيها التوسع الحضري السريع، لكن خسائر الوظائف تم تعويضها بشكل أكبر، من خلال الوظائف التي نشأت في قطاعات الخدمات والتكنولوجيا الفائقة. أما الآن، فيشعر خبراء كثيرون بالقلق من طغيان أجهزة الذكاء الاصطناعي والروبوتات؛ حيث أصبحت تقوم بالوظائف التي تتطلب مهارة، والتي كان يُعتقد أنها تفوق قدرة الآلات، وأصبحت هناك رؤية ضبابية غير واضحة لما يمكن تخيُّله لمجالات وظائف جديدة. إن شبح البطالة الجماعية الدائمة ربما يكون حقيقيًّا الآن، إلى جانب عدم المساواة على طول الخطوط الطبقية والعرقية والجنسية.

إن المجتمع الذي يعتمد على الذكاء الاصطناعي يمكن أن يستفيد من خواصه الهائلة واسعة النطاق، إذا ما تمت مشاركة الثروات الناتجة والمتزايدة، لكن مع الأسف.. نجد أنّ أغلب تلك الفوائد مركَّز في الشركات، ورأس المال الخاص بحاملي أسهمها، بما فيها نسبة 1% سِيَّة السمعة.

إنه لمن الضروري أن تقابِل حركةَ التقدم في التكنولوجيا بحوثٌ قوية، مموَّلة جيدًا، تستطيع توقُّع السيناريوهات المستقبلية، ودراسة الإصلاحات السياسية والاقتصادية المتاحة، التي تسمح للمتضررين من تكنولوجيا الآلات الحديثة بالمشاركة في المجتمع. وإذا كان ذلك منظور جائزة "لاديت"؛ فلتستمر في سعيها. ■

الاتجاه نحو كوكب الزهــرة

نتائج من بعثة "أكاتسوكي"... مِن شأنها أن تشعل الاهتمام مجددًا بالجار الأقرب لكوكب الأرض.

صُمِّم المسبار الآلي الأول، الذي اخترق في عام 1967 الغلاف الجوي لكوكب الزهرة المليء بالسُّحُب، بحيث يطفو على سطح الكوكب. كان سطح كوكب الزهرة آنذاك غامضًا تمامًا؛ واعتقد المهندسون المسؤولون عن المسبار السوفيتي "فينيرا 4" Venera 4 أن عملية الهبوط قد تتم في محيط واسع على سطحه. وانطلق خيال كُتّاب أعمال الخيال العلمي نحو وجود مستنقعات استوائية، أو غابات، أو عوالم مائية تحت هذه السحب. ونظرًا إلى التشابه الكبير بين كتلة كوكب الزهرة، وكثافته، وتركيبته من جانب، وكوكب الأرض من جانب آخر، فضلًا عن كونه أقرب الكواكب إلينا؛ بدا الأمر بمثابة رهان مضمون لإمكانية اكتشاف حياة على سطحه، بل وإمكانية استعماره من قِبَل البشر.

هذا.. إلا أن مسبار فينيرا 4 تحطَّم قبل أن يصل إلى سطح الكوكب. وكشفت القراءات المسجَّلة من عملية هبوطه، وكذلك من المسابير التي تم إرسالها لاحقًا، عن تعرُّض المسبار لمستوى ضغط بالغ الارتفاع، ودرجات حرارة حارقة، اقتربت من 500 درجة مئوية، إلى جانب غلاف جوي يتكون بنسبة 95% من غاز ثاني أكسيد الكربون. وعلى الرغم من أن كوكب الزهرة كان يشبه كوكب الأرض كثيرًا، وربما احتوى أيضًا على كثير من المحيطات، إلا أنه تحوَّل بفعل أثر الاحتباس الحراري الجامح إلى حفرة من الجحيم؛ لا تصلح ـ فيما يبدو ـ لأي شخص أن يقضي فيها إجازته في أي وقت قريب.

ساعدت الطبيعة المعادية للحياة على كوكب الزهرة ـ وهو أكثر الأجرام السماوية سطوعًا، باستثناء الشمس والقمر ـ في تحويل اهتمام البشرية نحو كوكب المريخ، وهو ثاني أقرب الكواكب للأرض. لم يكن الكوكب الأحمر مجرد مرشح يصلح أكثر لاستضافة قاعدة خارجية من كوكب الأرض، وإنما كان استكشافه أسهل أيضًا. فلم يكن من الممكن رصد سطح كوكب الزهرة من الفضاء، في ظل وجود طبقات كثيفة من السحب المكوَّنة من حمض الكبريتيك، سوى باستخدام جهاز رادار. وبينما تقوم مركبتين متجولتين حاليًّا باستكشاف كوكب المريخ، ومن المتوقع أن ينضم إليهما المزيد في وقت قريب، يجب أن تكون المسابير المصممة للهبوط على سطح كوكب الزهرة قادرة على التعايش في بيئته المُذِيبة للمعادن.

لذا.. فبرغم كونه الكوكب الأول الذي يستقبل مسبارًا استكشافيًّا، فلا يُعرف عن كوكب الزهرة حتى الآن سوى القليل. يحتوي غلافه الجوي على مادة غامضة، تم رصدها لقدرتها على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، لكنها لا تزال مجهولة الهوية. كما لم يتفق العلماء بعد حول الطريقة التي يتم من خلالها إعادة تكوين سطح الكوكب ـ وهو حديث التكوين، نسبيًّا ـ أو مدى نشاط براكينه. وتظل آليّة هبوب الرياح العاتية عليه ـ التي تبلغ سرعتها عدة مئات من الكيلومترات في الساعة الواحدة ـ سرًّا يستعصي فَهْمه، وكذلك أسباب دورانه حول محوره في اتجاه معاكس لاتجاه دوران كوكب الأرض. ويبقى السؤال: هل يحدث بَرْق هناك؟

يشعر العلماء المتخصصون في دراسة كوكب الزهرة بأن كوكبهم يتعرض لحالة من الإهمال. فرغم سلسلة الرحلات التي تم تنظيمها إلى الكوكب في العقود الأولى من زمن استكشاف الكواكب، إلا أن وكالة "ناسا" لم تقم بأي رحلات إلى هناك منذ نهاية بعثة "ماجلان" Magellan في عام 1994. ورغم نجاح المسبار المداري "فينوس إكسبرس" Venus Express ـ الخاص بوكالة الفضاء الأوروبية ـ في ملء جزء من هذا الفراغ الاستكشافي فيما بين عامي 2006، و2014، إلا أن البعثة كانت صغيرة نسبيًّا؛ إذ لم تتجاوز ميزانيتها 220 مليون يورو (أي 252 مليون دولار أمريكي). ومن ثم، فهي لم تفلح إلا في مشاهدة الكوكب من بعيد.. من المدار. أما المسبار الياباني أكاتسوكي ـ الذي اعتبره الكثيرون قد فُقد بعد توقُّف محرِّكه الرئيس عن العمل في عام 2010 ـ فقد تمكَّن بعد رحلة شاقة من دخول مدار كوكب الزهرة، وهو يُظْهِر نتائج مثيرة حول الطبيعة المناخية للكوكب. وعلى إثر ذلك.. يلوح بصيص جديد من الأمل، حيث تم إدراج مشروعين لاستكشاف كوكب الزهرة ضِمن خمسة مقترحات تُدرس حاليًّا من أجل بعثة "دِيسْكَفِري" Discovery القادمة ـ التابعة لوكالة "ناسا" ـ التي تبلغ ميزانيتها 500 مليون دولار، والمقرر إطلاقها في أوائل العشرينات من القرن الحالي. ومن المفترَض أن يقوم رسام الخرائط الرادارية عالية الجودة "فيريتاس" VERITAS (وهو اختصار لاسمه: Venus Emissivity, Radio Science, InSAR, Topography, and Spectroscopy) بدراسة الكوكب من الفضاء؛ بينما يُفترض على مسبار "دافنشي" DAVINCI (وهو اختصار لاسمه:Deep Atmosphere Venus Investigation of Noble gases, Chemistry, and Imaging) أَخْذ عينة من الغلاف الجوي للكوكب أثناء عملية الهبوط إلى السطح، التي ستستغرق ساعة كاملة. ويأمل المسؤولون عن المشروعات أن تؤدي النتائج المبهرة التي تتوصل إليها بعثة أكاتسوكي إلى زيادة الاهتمام بالكوكب في الوقت المناسب لذلك.

ويمكن فَهْم استبعاد كوكب الزهرة من قوائم الأولويات الاستكشافية.. نظرًا إلى كون أهمية الحياة والقدرة على المحافظة على استمرارها هي دائمًا نقاط ارتكاز أساسية لإرسال أي بعثة كوكبية، وأن الأمل الوحيد لوجود حياة على سطح كوكب الزهرة سيكون في الطبقات العليا من غلافه الجوي فقط، إلا أن الكوكب لا يزال يحتفظ بنقطة رابحة في اللعبة البحثية؛ حيث يُجْرِي علماء الفلك في الوقت الراهن بحثًا حثيثًا عن كواكب أرضية خارجية (وهي كواكب تقع خارج المجموعة الشمسية، يمكن الرهان بثقة على وجود حياة على سطحها، نظرًا إلى تشابهها مع كوكب الأرض). وفي هذا السياق، يحمل تاريخ كوكب الزهرة رسالة مهمة وتحذيرية؛ فرغم توافر جميع مقومات الحياة على سطحه في البداية، إلا أن الوضع تَغَيَّر فيما بعد، وتَحَوَّل الكوكب إلى كوكب جهنمي، حمضي وجاف، حسبما نعرفه اليوم. ورغم انعدام فرص وجود حياة بين أدغال هذا الكوكب، إلا أن فَهْمنا للأسباب التي حوَّلت مسار تكوينه بهذا الشكل قد يكون أمرًا مهمًّا جدًّا للعثور على مقومات للحياة في أي مكان آخر. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp

أضـواء على الأبحـاث مقتطفات من الأدبيات العلميـة

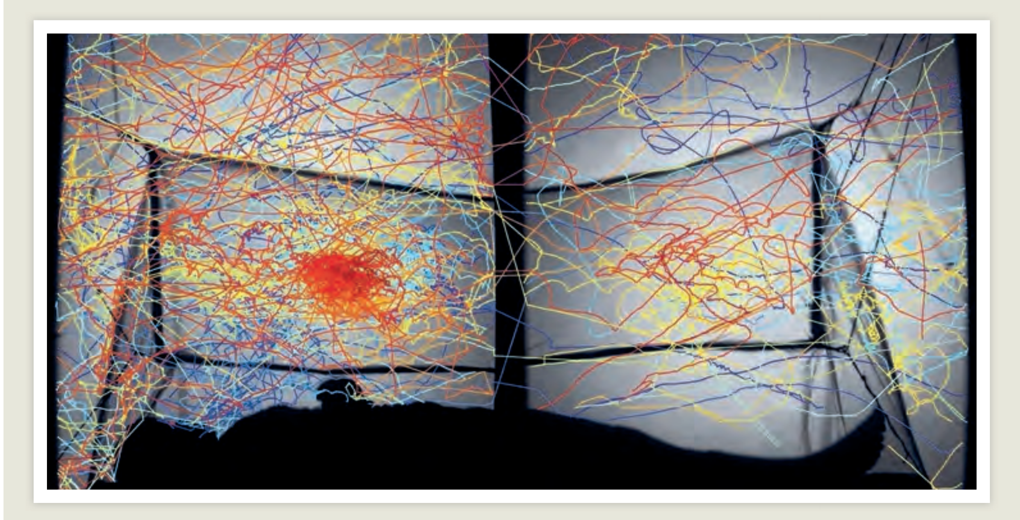
علم الفلك

مجرّة قزمة تترك بقعة

عثر علماء الفلك على نوع محيِّر من المجرّات الصغيرة. تشكلت المجرّات القزمة من المادة المظلمة في بداية نشأة الكون، ولم يكتشف العلماء منها سوى أعداد قليلة. دَرَس ياشار هيزافيه من جامعة ستانفورد بولاية كاليفورنيا وزملاؤه صورًا عالية الدقة، التقطتها مصفوفة مرصد أتاكاما الملّيمترية/ تحت الملّيمترية الكبيرة (مرصد ألما) في شيلي. ووجد الفريق مجرّة تعمل كالعدسة، فهي تحني الضوء القادم من مجرّة أخرى أبعد بواسطة الجاذبية؛ ليظهر على شكل حلقة من الهالات في الصور. لاحظ الفريق وجود "بقعة" إضافية على تلك الهالات، بسبب مجرّة قزمة أخرى غير مرئية تدور حول المجرّة التي لها تأثير العدسة.

ويقول المؤلفون إن مرصد "ألما" يستطيع استكشاف المزيد من المجرّات القزمة المظلمة، التي من شأنها أن تعزِّز النماذج الحالية للمادة المظلمة.

Astrophys. J. **In the press; preprint at http://arxiv.org/abs/1601.01388(2016)**



علم البيئة السلوكي

فيديو يكشف سلوك البعوض

أظهر رَصْد بالفيديو أن البعوض يمضي أغلب الوقت بالقرب من رأس الشخص النائم تحت الناموسية في الليل.

يَحمِل البعوضُ العديدَ من الأمراض البشرية، ولكنْ تصعب دراسته ميدانيًّا. فقد استخدم ديفيد تاورز وزملاؤه في جامعة واروِيك في مدينة كوفنتري في المملكة المتحدة خلفية ضوئية من الأشعة تحت الحمراء، عن طريق دايود ضوئي؛ لجعل البعوض مرئيًّا في الفيديو. صَوَّر الباحثون الحشرات باستخدام كاميرتين أثناء الليل حول ناموسية في مختبر ميداني في تنزانيا. وطَوَّر الفريق خوارزميات لتَتَبُّع أفراد البعوض؛ فوجدوا أن تلك الحشرات كثَّفت جهودها حول قبة الشبكة فوق رأس الشخص المستلقِي تحتها (مسارات البعوض في الخطوط الملونة في الصورة). وكان البعوض ـ الذي ينقل فيروس غرب النيل (*Culex quinquefasciatus*) ـ أكثر نشاطًا من البعوضة (*Anopheles gambiae*) الحاملة للملاريا البشرية.

وهذه الطريقة قد تساعد على تحسين فَهْم أثر سلوك البعوض على نقله الأمراض.

J. R. Soc. Interface **13, 20150974 (2016)**

علم البيئة

أفخاخ قد تساعد في الحفاظ على البيئة

كشفت دراسة في البرية باستخدام الكاميرات الحساسة للحركة أن المراعي والسهول الفيضية هي موطن



للمجتمعات الأكثر تنوعًا من الثدييات في شمالي بتسوانا.

وحَلَّلت ليندسي ريتش من الجامعة والمعهد التقني بولاية فيرجينيا في بلاكسبرج وزملاؤها أكثر من ثمانية آلاف صورة لأربعة وأربعين نوعًا من الثدييات، التقطتها فخاخ كاميرات في أكثر من مئتي موقع عبر دلتا أوكافانجو في بتسوانا في الفترة بين شهري فبراير ويوليو من عام 2015 (**في الصورة**، أنثى القط الأنمر *Leptailurus serval*). طَوَّر أعضاء الفريق نماذج؛ لتقدير التوزيعات المكانية للثدييات؛ واكتشفوا زيادة التنوع بزيادة التوغل داخل المناطق المحمية. ولُوحِظ أنّ الأنواع الأكبر حجمًا والآكلة للعشب هي أكثر الأنواع تواجدًا من غيرها في تلك المناطق، أمّا تنوعات الحيوانات متوسطة الحجم ، فكانت أكثر في المناطق غير المحمية. ويذكر الباحثون أن أساليبهم قد تكون فعالة في جَمْع بيانات؛ للحفاظ على مجتمعات الأحياء البرية.

J. Appl. Ecol. **http://doi.org/bfqr (2016)**

علم المناعة

لماذا يُصاب المُسِنُّون بالإنفلونزا كثيرًا؟

إنّ تقليص رد الفعل الناتج عن أحد أنواع الخلايا المناعية قد يسهم في علاج الإنفلونزا عند كبار السن. فالغالبية العظمى من الوفيات الناتجة عن الإصابة بالإنفلونزا تحدث لكبار السن. ولمعرفة الأسباب التي تجعلهم أكثر عرضة للإصابة بالمرض، عقدت أكيكو إيواساكي ـ بكلية الطب بجامعة ييل في نيو هيفن بولاية كونيتيكت ـ وزملاؤها مقارنةً بين كرات الدم البيضاء من متطوعين أصحاء في العشرينات من العمر، وأخرى من أشخاص فوق الخامسة والستين من العمر. وعند إصابتها بفيروس الإنفلونزا، أنتجت الخلايا في المجموعة المسنة مستويات أقل من البروتينات المقاومة للفيروس، المعروفة بـ"إنترفيرونات" النمط الأول.

وقد نتج عن تعطيل الجينين *Mavs*، و*Tlr7* في الفئران، اللذين يسهمان في تنشيط استجابات الإنترفيرون، أنْ أصبحت الفئران أكثر عرضة للإصابة بالإنفلونزا والعدوى البكتيرية في الرئة، ولكنّ حَذْف الجينَين *Casp1*، و*Casp11* اللذين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يساعدان على تنشيط خلايا مناعية تُسمى "الخلايا المتعادلة" أسهَم في حماية الفئران. ويشير الباحثان إلى أن خفض الاستجابات الالتهابية لهذه الخلايا قد يكون طريقة لعلاج الإنفلونزا في البالغين المسنين.

Science **352, 463–466 (2016)**

أحياء مجهرية

الأحياء الدقيقة في الأمعاء تشكِّل المناعة

قد تتسبب البكتيريا التي تعيش في الأمعاء ـ والتي تثبط التطور المناعي ـ في إصابة الأطفال بأمراض مناعية ذاتية.

وتنتج بكتيريا *Escherichia coli* عديد السكاريد الشحمي السطحي (LPS)، الذي يساعد الخلايا المناعية على النضوج. فقد دَرَس رامنيك زافيير ـ من كلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن بولاية ماساتشوستس ـ وفريقه الأحياء الدقيقة التي تعيش في الأمعاء، والتاريخ الإكلينيكي لما يزيد على مئتي طفل من دول مختلفة، تتراوح أعمارهم ما بين حديثي الولادة، وثلاثة أعوام.

احتوت أمعاء الأطفال الفنلنديين ـ الذين تعدَّت نِسَب إصابتهم بأمراض مناعية ذاتية نِسَب الأطفال الروس ـ على مستويات أعلى من فصائل العصوانيات، بالمقارنة ببكتيريا *E. coli*، أما الأطفال الروس، فقد احتوت أمعاؤهم على مستويات أعلى من بكتيريا *E. coli*. وفي خلايا الدم البيضاء البشرية المستزرَعة، يثبط عديد السكاريد الشحمي السطحي الذي تنتجه بكتيريا *Bacteroides dorei* المحفِّزات المطلوبة لدعم تطوُّر الجهاز المناعي.

قد يحتاج الجسم في وقت مبكر من العمر إلى بعض أنواع عديد السكاريد الشحمي السطحي المحفزة للمناعة؛ لتعليم الجهاز المناعي أن يتعرف على الجزيئات الغريبة على نحو أَدَقّ.

Cell **http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2016.04.007 (2016)**

البيئة الزراعية

أَطْعِم العالَم، وحافِظْ على الأشجار

إذا تَحَوَّل سكان الكوكب في جميع أنحاء العالم في عام 2050 ـ الذين تشير التقديرات إلى أن تعدادهم سوف يبلغ 9.7 مليار نسمة ـ إلى النظم الغذائية النباتية؛ فإنهم قد يستطيعون تأمين الغذاء لأنفسهم، دون قَطْع المزيد من الأشجار.

ابتكر كارل هاينز إرب وزملاؤه ـ من جامعة كلاجنفورت في فيينا ـ نموذجًا للنظام الزراعي العالمي، يتنبأ فيه بالوضع خلال الأعوام الأربعة والثلاثين القادمة، بناءً على توقعات لكميات المحاصيل التي ينتجها الهكتار الواحد، ومقدار التوسع في الأراضي الزراعية، وجودة تربية الماشية، والتغيرات في النظام الغذائي البشري، إضافة إلى متغيرات أخرى. ويرى الفريق أنه بافتراض حدوث زيادة هائلة في المحاصيل الزراعية، ومع تكثيف الرَّعْي، قد تبقى النظم الغذائية على حالها، بدون إزالة الغابات. ومع هذا.. فإن التحول إلى النظام الغذائي النباتي البحت، أو النباتي في معظمه، قد يتيح التوسع بقدر كاف في المحاصيل المزروعة عضويًّا في الأراضي التي كانت تُستخدَم سابقًا في الرعي، بدون الحاجة إلى زيادة المحاصيل.

وسيكون من الضروري زيادة التجارة بين المناطق ذات الإنتاج العالي للغذاء، والمناطق شديدة الطلب للغذاء؛ لإتاحة تحقيق أيٍّ من هذه السيناريوهات.

Nature Commun. **7, 11382 (2016)**

أمراض القلب

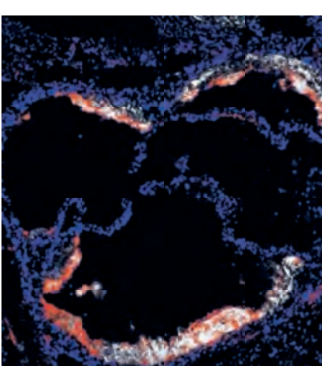
جزيء يذيب الكوليسترول

قد يكون السلاحُ القادم الذي سيُستخدم لعلاج أمراض القلب مركَّبًا، ويُستخدم حاليًّا لزيادة قابلية الدواء للذوبان.

في حالة تصلُّب الشرايين، تتجمع لويحات تحتوي على كريستالات الكوليسترول؛ لتسد الأوعية الدموية. وقد اختبر إيكي لاتز وزملاؤه ـ في مستشفى بون الجامعي في ألمانيا ـ مركَّبًا يُدعى (2-هيدروكسي بروبيل-بيتا- سيكلودكسترين)، وهو يزيد من قابلية الكوليسترول للذوبان؛ لمعرفة ما إذا كان يمكنه تخفيض اللويحات، أم لا. ووجد الباحثون أن نسبة اللويحات تقلصت في الفئران المصابة بتصلب الشرايين، التي تناولت السيكلودكسترين (على اليسار **صورة** للوعاء الدموي، وكريستالات الكوليسترول باللون الأبيض)، مقارنة بنسبتها في الأوعية الدموية للفئران غير المعالَجة (في الصورة على اليمين).

وقد ارتبط الدواء مع كريستالات الكوليسترول وأذابها، كما أنه زاد من عمليات أيض الكوليسترول في خلايا مناعية تُدعى "الخلايا البلعمية الكبيرة"، التي عادةً ما تسهم في تصلب الشرايين عن طريق إحداث التهابات، كَرَدّ فِعْل للنسب الزائدة للكوليسترول. وأعاد السيكلودكسترين برمجة الخلايا في اللويحات؛ مؤديًا إلى زيادة في معدلات نقل الكوليسترول المذاب بعيدًا عن اللويحات، والحد من الالتهابات الضارة. وقد شوهدت تأثيرات مماثلة في عيِّنات بشرية للويحات عُولجت بالمركَّب المذكور.

Sci. Transl. Med. **8, 333ra50 (2016)**



SCI. TRANSL. MED.

علم الأعصاب

قد يَبْقى المخ منتبهًا أثناء الليل

قد تفسِّر الفروق في نشاط المخ بين فصَّيْه الأيمن والأيسر سببَ عدم قدرة الأشخاص ـ في أغلب الأحيان ـ على النوم جيدًا في البيئات الجديدة.

التقطت يوكا ساساكي وزملاؤها ـ من جامعة براون في مدينة بروفيدنس بولاية رود أيلاند ـ صورًا لأشخاص أثناء نومهم في بيئات غير مألوفة لهم، وقاس الفريق نشاط الموجة البطيئة، وهي إشارة مصاحِبة لمرحلة نوم حركة العين غير السريعة "NREM". في أول الليل، وجد الفريقُ ضَعْف نشاط الجزء الأيسر من المخ بالمقارنة بنشاط النصف الأيمن، وهو التأثير الذي تلاشى في الليالي التالية. كما اكتشف الباحثون أيضًا أنه بتشغيل أصوات بالقرب من الأذن اليمنى (يعالجها فص المخ الأيسر)؛ أدَّى ذلك إلى تنشيط المخ بقدر أكبر، بالمقارنة بالفعل ذاته بالقرب من الأذن اليسرى، ولذا.. كان للأذن اليمنى تأثير أشد في إيقاظ الشخص النائم.

يفترض المؤلفون أن عدم استغراق أحد فصَّي المخ في النوم العميق قد يرجع إلى حاجته إلى البقاء يَقِظًا في البيئات الجديدة.

Curr. Biol. http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.02.063 (2016)

كيمياء فلكية

إنتاج سكريات في ظروف تحاكي الفضاء

كَوَّن العلماءُ جزيء سكر أساسيًّا موجودًا في الحمض النووي، تحت ظروف مشابهة لتلك المحيطة بالمُذَنَّبات.

ويشكِّل جزيء الريبوز العمود الفقري لكل من الحمض النووي، والحمض النووي الريبي، لكن ما زال مصدره مجهولًا. وقد حاكى العالِمان كورنيلا مينرت، ويوي ميرهينريتش من جامعة نيس سوفيا أنتيبوليس في فرنسا وفريقهما الظروف الجوية لمُذَنَّب صناعي، عن طريق تكثيف مياه وميثانول وأمونيا في غرفة مفرغة عند درجة حرارة 195 درجة مئوية تحت الصفر. وعُرِّضَت المادة للإشعاع بواسطة الضوء فوق البنفسجي؛ لمحاكاة تكوُّن الثلوج على المُذَنَّبات. واحتوت البقايا التي تكونت بعد تدفئة المادة عند درجة حرارة الغرفة على سكر الريبوز، من ضمن سكريات أخرى في كميات، وليس مجرد آثار.

ويشير الباحثون إلى أن المُذَنَّبات والنيازك هي مصدر الجزيئات العضوية، التي جعلت الحياة على سطح الأرض ممكنة.

Science **352, 208–212 (2016)**

ثلاثون يومًا موجز الأخبار

أحداث

مهمة المريخ

أعلنت شركة "سبيس إكس" في هاوثورن بولاية كاليفورنيا في السابع والعشرين من إبريل الماضي عن نيّتها إرسال مركبة فضائية بدون طاقم إلى المريخ بحلول عام 2018. وتُعَدّ هذه هي المرة الأولى التي تحدِّد فيها الشركة إطارًا زمنيًّا لتحقيق هدفها ـ الذي ظلت تخطِّط له طويلًا ـ باستكشاف الكوكب الأحمر. وسوف تَستخدِم المهمة نسخة معدَّلة من المركبة الفضائية "دراجون" ـ التابعة للشركة، والمستخدَمة حاليًّا في توصيل الإمدادات إلى محطة الفضاء الدولية ـ مزوَّدةً بنظام دفع جديد، بحيث تستطيع الهبوط على سطح المريخ. وتعتزم وكالة "ناسا" تقديم استشارات تقنية لشركة "سبيس إكس" في مقابل الحصول على معلومات من هذه المهمة المسماه "ريد دراجون".

أجندة الدول السبع

ذكرت أكاديميات علمية على مستوى العالم للزعماء الدوليين ـ قبل مؤتمر مجموعة الدول الصناعية السبع، الذي عُقد في اليابان في مايو الماضي ـ إن مجالات معينة، مثل علوم المخ، والقدرة على مواجهة الكوارث، ورعاية العلماء الصغار، هي مجالات في حاجة ماسَّة إلى جهود دولية موحدة. وتمثِّل البيانات التي تَلَقَّاها رئيس الوزراء الياباني شينزو أبي في التاسع عشر من إبريل الماضي آراء أكاديميات علمية من ثلاث عشرة دولة، بما فيها الدول السبع الصناعية والأكاديمة الأفريقية للعلوم. وترى الأكاديميات أن حجم الخسائر الواقعة على الصحة والأوضاع الاقتصادية بسب أمراض المخ، وحجم الأضرار الناجمة عن الكوارث الطبيعية، والحاجة إلى علماء مدرَّبين جيدًا، بحيث يستطيعون إشراك الجمهور في العلم، هي مجالات ذات اهتمام عالمي.

فيروس "زيكا"

أعلنت المراكز الأمريكية للتحكم في الأمراض والوقاية منها "CDC" أن فيروس "زيكا" ـ الذي ينتقل عبر البعوض ـ يسبِّب مرض صغر حجم الرأس، حيث تُولَد المواليد برؤوس صغيرة على نحو غير طبيعي، بالإضافة إلى عيوب أخرى في مخ المولود. وقد استند الإعلان ـ الذي جاء في الثالث عشر من إبريل الماضي ـ إلى مراجعة للأدلّة، قدَّمها باحثون بالمراكز (انظر: S. A. Rasmussen *et al*. http://doi.org/bfc2; 2016). ومع اقتراب موسم انتشار البعوضة في الولايات الجنوبية من الولايات المتحدة الأمريكية، ترى المراكز أن إرسال رسائل قوية مسبِّبة سيدعِّم الإرشادات الاحترازية. ويحذِّر بعض العلماء من أن هذا الإثبات ما زال غير قاطع، إلا أنهم يعذرون المراكز في اتخاذها هذا الإجراء على سبيل الاحتراز.





NASA/ESA/A. PARKER (SOUTHWEST RES. INST.)

ظهور قمر جديد فوق "ميكميك"

اكتشف علماء الفلك قمرًا صغيرًا حول كوكب في أطراف النظام الشمسي. فكوكب "ميكميك" القزم، الموجود في حزام كايبر، ويبلغ قطره 1,400 كيلومتر، هو ثاني أكثر الأجسام التي تدور حول الشمس سطوعًا بعد بلوتو فيما وراء نبتون. وقد أعلن علماء الفلك أن القمر المصاحب له، الذي يبلغ قطره 175 كيلومترًا تقريبًا كان شبه مُخْتَفٍ، بسبب سطوع "ميكميك"، إلا أن تليسكوب وكالة ناسا الفضائي "هابل" رصده على بعد حوالي 21,000 كيلومتر من الكوكب القزم. ورصد الفريق البحثي ـ بقيادة أليكس باركر، من معهد أبحاث ساوث ويست في بولدر بولاية كولورادو ـ وجود القمر المظلم يومًا واحدًا فقط في إبريل من عام 2015، ولذا.. ما زال مداره غير مكتشَف حتى الآن. وسيحصل القمر ـ المعروف مؤقتًا بـ"MK2" ـ على اسمه الرسمي من الاتحاد الفلكي الدولي.

سياسات

دواء غير مختبَر

وَقَّعَتْ الرئيسة البرازيلية ديلما روسيف على قانون؛ يسمح للمرضى بتعاطي مركَّب لم يُخْتَبَر، ولم يُعْتَمَد بعد، ولكن البعض يزعمون أنه الدواء "المعجزة" لعلاج السرطان. هذا.. ويسمح القانون ـ الذي فُعِّل في الرابع عشر من إبريل الماضي ـ للذين يحملون شهادة تثبت إصابتهم بالسرطان بالحصول على الدواء، دون الحاجة إلى وصفة طبية. جاءت تلك الأنباء بعد أسابيع من إصدار وزارة العلوم البرازيلية للتكنولوجيا والابتكار نتائج المختبَر، التي تُظْهِر أن المركَّب لا يقتل الخلايا السرطانية في مزرعة الخلايا. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/gwzsswx.

نباتات بتقنية كريسبر

صَرَّحَتْ وزارة الزراعة الأمريكية ـ في الثالث عشر من إبريل الماضي ـ أنها لن تنظم تداول "المشروم" المعدَّل وراثيًّا باستخدام تقنية "كريسبر/كاس 9" لتعديل الجينات. هذا.. ويُسمح حاليًّا بزراعة "المشروم" وبَيْعه، دون المرور بالعملية التنظيمية للوزارة، أي أن هذا "المشروم" هو أول كائن حي معدَّل باستخدام تقنية "كريسبر" يحصل على الضوء الأخضر من الحكومة الأمريكية. وفي سياق متصل، أعلنت شركة "دوبونت بايونير" في جونستون بولاية أيوا عن خطط لتسويق أنواع من الذُّرَة، تحتوي على نِسَب عالية من النشويات، ومعدَّلة بتقنية كريسبر؛ لمضاعفة المحاصيل. وتأمل الشركة أن تكون الذُّرَة متاحةً في خلال خمس سنوات.

بيئة

هجوم الفطريات

يشير تحليل للمادة الوراثية ـ صَدَر في السادس والعشرين من إبريل الماضي ـ إلى أن المرض الفتّاك الذي انتشر لأول مرة في قارة آسيا، والذي يصيب القمح، سببه كائن مُمْرِض، قد يكون مصدره البرازيل. ومنذ فبراير الماضي، والمزارعون في بنجلاديش يكافحون الفطر Magnaporthe oryzae الذي يصيب القمح، والذي ظهر من قبل في الأمريكتين فقط (انظر: *Nature* **532**, 421–422; 2016). وقد توصَّل فريق بقيادة اختصاصي وراثيات الميكروبات بالمعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيوريخ إلى أن السلالة المتفشية في القمح مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالسلالات المنتشرة في البرازيل.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

MICHAEL SCATES/AP/PRESS ASSOCIATION IMAGES

ويقول الفريق إنه على البلدان الآسيوية الأخرى التي تستورد القمح من البرازيل تَوَخِّي الحذر.

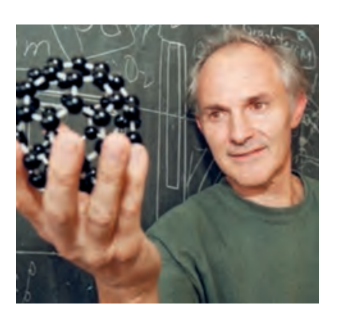
تسرُّب نووي

تصاعدت حدة تسريب النفايات النووية بموقع "هانفورد لتخزين النفايات النووية" في ولاية واشنطن. وأكدت وزارة علوم البيئة في ولاية واشنطن ـ في الثامن عشر من إبريل الماضي ـ أن النفايات المشعة تتسرب من الصهريج الرئيس داخل حاوية التخزين ذات الجدار المزدوج إلى الفراغ بين الصهريجين، الرئيس والثانوي. وقد عَلَّق الموقعُ الجهودَ المبذولة لإزالة النفايات الزائدة بصورة آمنة، حتى يتسنى للمهندسين تقييم الموقف. وقد أكَّد المسؤولون عدم وجود أي مؤشر على تسرُّب النفايات إلى البيئة.

منشآت

ضوء أخضر

ذكرت لجنة من الخبراء ـ في الثاني عشر من إبريل الماضي ـ أن خطط وكالة الفضاء الأوروبية الطموحة لبناء مكشاف في الفضاء لرصد الموجات الجاذبية هي خطط قابلة للتنفيذ، وربما تُطلَق المهمة في وقت أقرب مما كان مقرَّرًا (انظر: *Nature* **531**, 30; 2016). قال رئيس الفريق الاستشاري لمرصد الموجات الجاذبية الفيزيائي مايكل بيريمان بكلية دبلن الجامعية لمحطة "بي بي سي" إن المجموعة ستقترح إطلاق المهمة، البالغة تكلفتها مليار يورو (1.1 مليار دولار أمريكي) في عام 2029، أي قبل الموعد المحدد لها بخمسة أعوام.



شخصيات

وفاة هاري كروتو

توفي الكيميائي الإنجليزي هاري كروتو ـ الحاصل على جائزة "نوبل" في الكيمياء بالمشاركة في عام 1996، لاكتشافه "الفوليرينات" ـ في الثلاثين من إبريل الماضي، عن عمر يناهز ستة وسبعين عامًا. اكتشف كروتو (**في الصورة**) مع زملائه ـ ومنهم روبرت كيرل، وريتشارد سمولي ـ "الفوليرينات" في عام 1985، وهي هياكل كروية معقدة من الكربون. وأطلق الباحثون على تلك الهياكل ـ التي تشبه كرة القدم ـ ذلك الاسم، نسبةً إلى المهندس المعماري باكمينستر فولير، الذي صَمَّمَ قُبَّة بالشكل نفسه. والكُرَات التي يُطْلَق عليها أيضًا "كُرات باكي" هي من ضمن أكثر الأشكال الأيقونية في الكيمياء، ويُعتقَد أنها توجد في الفراغات الواقعة بين النجوم. وقد وُلد كروتو (هارولد والتر كروتوتشينر) في وايزبيك بالمملكة المتحدة في عام 1939 لأبوين ألمانيين كانا قد هربا من النازيين.

تمويل

دَفْعَة للتميُّز

تخطِّط الحكومة الألمانية لاستكمال المبادرة ـ التي تصل تكلفتها إلى عدة مليارات يورو ـ الموضوعة منذ عام 2005 لدعم الأداء البحثي لأفضل الجامعات في البلاد. فقد أعلنت وزيرة الأبحاث الفيدرالية جوانا وانكا ـ في الثاني والعشرين من إبريل الماضي ـ أنه بداية من عام 2017 سوف تُتاح للجامعات التقدُّم بطلب للحصول على دعم حكومي إضافي من وعاء تمويلي سنوي بقيمة 533 مليون يورو (ما يعادل 600 مليون دولار أمريكي). وبالتوازي مع توصيات قَدَّمَتها مراجعة مستقلة، سيتلقَّى خمسون مركزًا بحثيًّا مبالغ تتراوح بين ثلاثة إلى عشرة ملايين يورو سنويًّا. وستتلقَّى ما بين ثماني إلى إحدى عشرة "جامعة متميزة" ـ تضم مركزين اثنين ـ بحد أدنى ـ من تلك المراكز البحثية ـ تمويلًا يتراوح بين 10 إلى 15 مليون يورو سنويًّا.

أعمال

إلغاء دَمْج شركتين

أُلْغِي اندماج مقترَح بين شركتين دوائيتين كبيرتين، حيث أعلنت شركتا "فايزر" في نيويورك سيتي، و"أليرجان" في دبلن ـ في السادس من إبريل الماضي ـ أنهما أَلْغَتَا عملية دمج مقترَحة، كانت ستمكِّن الشركة الناتجة من الاستفادة من الضرائب المخفَّضة في أيرلندا. جاءت الأنباء بعد يومين من كشف وزارة المالية الأمريكية عن فرض قوانين أكثر صرامة على الشركات التي تسعى للانتقال إلى الخارج؛ لتجنُّب دفع الضرائب الأمريكية. تَعَهَّدَت "فايزر" أن تعلن في نهاية العام الحالي عمّا إذا كانت ستبيع أجزاء من شركتها، أم لا.

أبحاث

مشكلات بالصور

أظهر تحليلٌ لأكثر من 20,600 ورقة بحثية في مجال الطب الحيوي، نُشرت في الفترة بين عامي 1995، و2014 في أربعين دورية علمية أن نسبة 4% منها تحتوي على صور مكرَّرة بقصد، أو بدون قصد (E. M. Bik Preprint at bioRxiv http://doi.org/bfnw; 2016). وقد انتشرت الصور غير المناسبة، التي تسببت في عرض التجارب بطريقة خاطئة بنسب تتفاوت ما بين 12% في الدورية الدولية لعلم الأورام "إنترناشونال جورنال أوف أونكولوجي"، و0.3% في دورية علم أحياء الخلية "جورنال أوف سيل بيولوجي". وقد أبلغ مؤلفو الدراسة ـ التي صدرت منها نسخة ما قبل الطبع في العشرين من إبريل الماضي ـ عن جميع الأوراق البحثية التي وُجدت بها تلك الملاحظات للدوريات العلمية، كلّ فيما يخصه. ونتج عن ذلك ـ حتى الآن ـ اثنان وستون تصحيحًا، وسَحْب لست أوراق بحثية. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature. com/axjb6l.

تحرير الأَجِنَّة

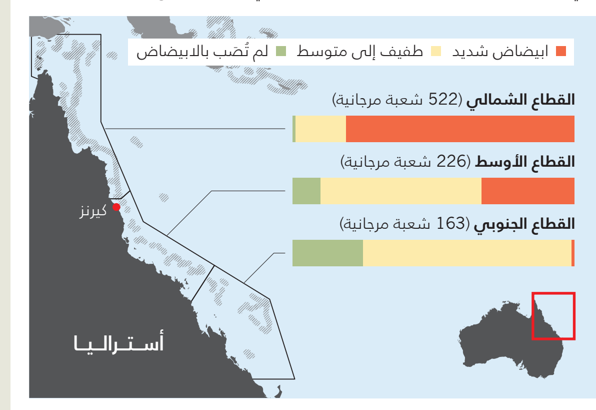
ذكر باحثون بجامعة جوانجزهو الطبية في الصين قيامهم بإجراء تعديلات على جينات لأجنة بشرية غير قادرة على الحياة؛ لجَعْلها تقاوم الإصابة بفيروس نقص المناعة. جَمَعَ الفريق 213 بويضة ملقَّحة ممنوحة من 87 مريضًا، كجزء من العلاج بالتلقيح الصناعي داخل الأنابيب، التي يصعب زرعها في الرحم؛ لاحتوائها على مجموعة إضافية من الكروموسومات. وقد استخدم الباحثون تقنية "كريسبر-كاس9" لتحرير الجينوم؛ من أجل إحداث طفرة بالأجنة تعطِّل جينًا خاصًّا بالخلية المناعية، يُسمى *CCR5*. يحمل بعض الأشخاص هذه الطفرة الوراثية بشكل طبيعي؛ مما يُحْدِث تغييرات ببروتين الجين *CCR5* بطريقة تمنع فيروس نقص المناعة من دخول الخلية التي يحاول إصابتها. وقد أظهر التحليل الجيني أن أربعة من إجمالي ستة وعشرين من الأجنة البشرية المستهدفة تغير بها الجين *CCR5*، وأصيبت بالطفرة، إلا أن هناك أجِنَّة لم تتأثر فيها كل مجموعات الكروموسومات بالطفرة، فبعضها احتوى على الجين بدون تعديل، واكتسب البعض الآخر طفرات مختلفة. في إبريل من عام 2015، أعلن فريق صيني آخر أنه أجرى تعديلات على جين مرتبط بمرض في الدم في أجنة بشرية غير قادرة على الحياة؛ مما أشعل عاصفة عالمية حول المخاوف الأخلاقية لهذا الإجراء. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/igymgu.

مراقبة الاتجاهات

في واحدة من أسوأ الأحداث المرصودة، كشفت عمليات مسح جوية وبحرية أن 93% من الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا تأثَّر بالابيضاض. والابيضاض هو العملية التي تطرد فيها الشعاب المرجانية الطحالب التكافلية، بسبب زيادة درجة حرارة المياه، وقد يؤدي إلى موت تلك الشعاب إذا اشتدت حدته. ووجد مركز أبحاث التميز لدراسات الشعاب المرجانية بالمجلس الأسترالي في تاونزفيل بكوينزلاند أنه من إجمالي 911 من الشعاب المرجانية، نجا 68 منها فقط من الابيضاض، بينما تأثرت المئات منها بشدة. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/xamggr.

الحاجز المرجاني العظيم يزداد شحوبًا

أثر الابيضاض على العديد من الشعاب المرجانية بالحاجز المرجاني العظيم. والأجزاء الشمالية هي الأكثر تأثرًا، حيث ابيضَّت كل الشعاب المرجانية في بعض المناطق.



SOURCE: ARC CENTRE OF EXCELLENCE FOR CORAL REEF STUDIES

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أخبــار في دائرة الضوء

الفضاء المركبة الفضائية «أكاتسوكي» تُرسِل نتائجها الأولى من كوكب الزهرة **ص. 16**

ذكاء اصطناعي الانتقال إلى مجال الصناعة يثير حماسًا قويًّا.. وبعض القلق أيضًا **ص. 18**

فيزياء لعبة حاسوبية تُظْهِر براعة العقل البشري في فهْم ميكانيكا الكَمّ **ص. 21**



التجارب على الحيوان الصين تثبت مكانتها كرائد عالمي لأبحاث الرئيسيات **ص. 22**

STR/AFP/GETTY

وكالة استكشاف الفضاء اليابانية تحقق في الأسباب التي أدت إلى فشل «هيتومي».

علم الفلك

خطــأ برمجي يُفشِــل القمــر الصنــاعي اليــابــاني «هيتــومي»

وكالة الفضاء اليابانية تعلِن عن فقدان قمر صناعي خاص بالأبحاث الفلكية.

ألكسندرا ويتز

يُعَدّ «هيتومي» ـ الذي أُطلق بنجاح في 17 فبراير الماضي ـ هو القمر الصناعي الفلكي الأبرز في اليابان، لكنه خرج عن السيطرة بعد خمسة أسابيع، ربما بسبب خطأ هندسي أساسي. أدَّى ارتباك في توجيه «هيتومي» في الفضاء، وفي محاولته التحكم في دورانه حول نفسه ـ على ما يبدو ـ إلى إصدار نظام التحكم الخاص به أمرًا لأجهزة الدفع النفاث بالإطلاق في الاتجاه الخاطئ؛ مما أدَّى إلى تسريع دوران القمر الصناعي، بدلًا من إبطائه.

في 28 إبريل الماضي، أعلنت وكالة استكشاف الفضاء اليابانية «جاكسا» عن فَقْد القمر الصناعي، الذي كلَّفها 31 مليار ين ياباني (286 مليون دولار أمريكي). وقد انفصل عن الجسم الرئيس للقمر «هيتومي» ما لا يقل عن عشر قطع، من بينها ◄

مجموعتا الألواح الشمسية التي أمدت القمر الصناعي بالطاقة الكهربائية.

كان يُنظر إلى «هيتومي» باعتباره مستقبل الدراسات الفلكية بالأشعة السينية. يقول ريتشارد ماشوتزكي، عالِم الفلك في جامعة ميريلاند في كوليدج بارك: «إنها مأساة علمية».

هذا.. إلا أن «هيتومي» تَمَكَّن من إنجاز أحد أهم الأرصاد الفلكية قبل وقوع الحادث، وذلك بالتقاطه حركات الغازات في تشكيل نجمي في كوكبة «حامل رأس الغول». كان الجهاز الذي نجح في الرصد ـ وهو بمثابة مطياف عالي الدقة ـ مستخدَمًا في البحوث على مدى ثلاثة عقود، وفُقد إصداران سابقان منه في مهمات فضائية مُنِيَت بالفشل.

بدأت مشكلات «هيتومي» التقنية في الأسابيع التي تَلَتْ إطلاقه، مع نظام «التعقب النجمي» الخاص به، وهو واحد من عدة أنظمة مصمَّمة للحفاظ على القمر الصناعي موجَّهًا في الفضاء بشكل صحيح. كان نظام التعقب يعاني أعطالًا كلما مر فوق الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية، في المنطقة المعروفة بـ«شذوذ جنوب الأطلسي». في تلك المنطقة، تميل الأحزمة الإشعاعية المغلفة للأرض إلى الهبوط قليلًا نسبيًّا داخل الغلاف الجوي؛ مما يعرِّض الأقمار الصناعية لجرعات زائدة من الجسيمات عالية الطاقة.

لم يكن ممكنًا أن تكون تلك مشكلةً خطيرة في حد ذاتها، ولكن أعطال نظام التعقب النجمي فتحت الباب لسلسلة من الإخفاقات المتتالية. ففي الساعة 3:01 صباحا بتوقيت اليابان، يوم 26 مارس الماضي، بدأ «هيتومي» مناورة مبرمَجة مسبقًا لتغيير وجهة الرصد من «سديم السرطان» إلى مجرّة «ماركاريان 205». أدَّت أعطال نظام التعقب النجمي خلال هذه العملية إلى تحوُّل «هيتومي» إلى نظام آخر بديل، تَمَثَّل في مجموعة من الجيروسكوبات، المصمَّمة لقياس الاتجاه في الفضاء. كانت هذه الجيروسكوبات تعطي قياسات خاطئة، أَوْحَت بأن القمر الصناعي كان يدور بمعدل 20 درجة في الساعة تقريبًا. ومن ثم، بدأت المحركات الدقيقة المعروفة باسم «عجلات رد الفعل» في العمل؛ لمنع الدوران المفترَض.

دوران «هيتومي»

بمجرد أن وصلت عجلات رد الفعل إلى أقصى دوران لها، وحتى لا تخرج عن السيطرة، كان مِن المفترَض أن يتدخل قضيب مغناطيسي؛ للتحكم فيها، ومنعها من التسارع. وكان يجب أن يكون هذا القضيب موجَّهًا بدقة في المستوى ثلاثي الأبعاد؛ ليقوم بدوره، ولكنه في النهاية فشل في إبطاء عجلات رد الفعل؛ فتسارَع دوران «هيتومي» أكثر فأكثر.

عندها، تحول «هيتومي» تلقائيًّا إلى الوضع الآمِن. وفي حوالي الساعة 4:10 صباحًا، انطلقت صواريخ الدفع في محاولة لوقف الدوران، ولكنْ تسببت قوة الدفع في زيادة تسارُع القمر الصناعي، لأن الأمر المُبرمَج الذي تم تحميله كان خاطئًا. (تم تحميل الأمر الخاطئ قبل بدء الرحلة بأسابيع، دون اختبار دقيق، وتقول جاكسا إنها تحقِّق في ذلك). حدث كل هذا حين كان «هيتومي» على الجانب الآخر من الأرض بالنسبة إلى اليابان؛ وبالتالي لم يستطع التواصل آنيًّا مع وحدات التحكم الخاصة به، بينما في الولايات المتحدة، ذهب العلماء المنتمون إلى الفريق إلى بيوتهم يوم الجمعة الموافق 25 مارس الماضي، بعد أن احتفلوا بالبداية الناجحة للمهمة، ليستيقظوا صباح يوم السبت على رسالة إلكترونية مقتضَبة من مدير المشروع، تادايوكي تاكاهاشي، يخبرهم فيها أن المهمة في خطر.

> **«حصلنا على ثلاثة أيام فقط من الرصد، وكنا نتطلع إلى عشر سنين».**

التقطت التليسكوبات الأرضية صورًا لدوران «هيتومي» وهو يكمل دورة كاملة حول نفسه، مرة كل 5.2 ثوانٍ تقريبًا.

الفرص الضائعة

ساعد دان مكامون ـ وهو عالِم فلك في جامعة ويسكونسن ماديسون ـ في تصميم وبناء النسخة العلمية الأولية لهيتومي، التي كانت بمثابة مسعر أشعة سينية يمكنه قياس طاقة فوتونات الأشعة السينية بدقة شديدة. عمل مكامون على هذه التكنولوجيا لأكثر من ثلاثة عقود، حيث هَيَّأ إصدارات منها لتحلِّق مع بعثة «أسترو-إي» ASTRO-E، التي فشلت في الانطلاق في عام 2000، وخصّص بعضها الآخر للمركبة الفضائية «سوزاكو»، التي فشلت أجهزتها بعد أسابيع من انطلاقها في عام 2005؛ بسبب تسرُّب الهيليوم.

يقول مكامون إن الأمر سيكلِّف «ناسا» حوالي 50 مليون دولار أمريكي، ومن 3 إلى 5 سنوات أخرى، لبناء مسعر بديل. ومن المقرر أن تُرسل نسخة منه في بعثة «أثينا» التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، التي لن تنطلق قبل عام 2028.

يقول ماكوتو تاشيرو ـ عالِم الفيزياء الفلكية في جامعة سايتاما في اليابان ـ إن المسعر هو الخسارة الكبرى.. فقد خسرنا بخسارته ما جمعه من بيانات تفصيلية غير عادية عن النجوم المتفجرة، والتشكيلات النجمية، والغازات بين المجرّات، وغير ذلك الكثير. يقول تاشيرو: «لقد خسرنا العِلم الجديد».

هذا.. وما زال بإمكان «هيتومي» أن يسهم في العلم.. فبالاستفادة من الفشل المبكر لسوزاكو، خطَّط علماء «هيتومي» لعملية رصد مبكر مهمة. فبعد حوالي 8 أيام من الإطلاق، سَلَّط «هيتومي» أشعَّته السينية على تشكيلة نجمية في كوكبة «حامل رأس الغول»، تبعد عن الأرض حوالي 250 مليون سنة ضوئية (77 مليون فرسخ فلكي). وبقياس سرعة تدفق الغاز من التشكيلة، تَمَكَّن «هيتومي» من الكشف عن كيفية تغيُّر كتلة التشكيلات النجمية على مر الزمن، بينما تُولد النجوم وتموت، وهو ما يمثل اختبارًا لعامل كوني مهم، معروف باسم «الطاقة المظلمة».

يقول ماشوتزكي إنّ بإمكان هذه الملاحظة الوحيدة أن تثمر مجموعة من الأوراق البحثية حول أرصاد «هيتومي». ويقول أيضًا: «حصلنا على ثلاثة أيام فقط من الرصد، وكنا نتطلع إلى عشر سنين». ■

الفضاء

المركبة الفضائية «أكاتسوكي» تُرسِل نتائجها الأولى من كوكب الزهرة

من بين الاكتشافات التي توصلت إليها المركبة.. غيوم حمضية مخطَّطة، وشكل مقوَّس في الغلاف الجوي.

إليزابيث جيبني

بعد دورةٍ لم يكن مخطَّطًا لها، امتدت لخمس سنوات، عاد مسبار كوكب الزهرة الياباني «أكاتسوكي» Akatsuki للعمل، مثيرًا ضجة كبيرة. ففي الفترة ما بين الرابع والثامن من شهر إبريل الماضي، قدمت وكالة استكشاف الفضاء اليابانية «جاكسا» JAXA النتائج العلمية الأولى القادمة من المركبة الفضائية، منذ أن تم إنقاذها من مدار منحرف حول الشمس، وإعادة توجيهها للدوران حول كوكب الزهرة، قبل ذلك بأربعة أشهر. تشمل هذه النتائج لقطات مفصلة لغيوم حمضية مخطَّطة، وشكلًا مقوَّسًا غامضًا في الغلاف الجوي للكوكب.

وعلى الرغم من تعثُّر المسبار حول النظام الشمسي، إلا أن أجهزته ما زالت تعمل «بشكل شبه تام»، وفق ما صرَّح به ماساتو ناكامورا، مدير المشروع، وعالِم كواكب في «معهد وكالة جاكسا لعلوم الفضاء والملاحة الفلكية» في ساجاميهارا في اليابان خلال مؤتمر كوكب الزهرة الدولي، الذي عُقد في أكسفورد بالمملكة المتحدة. وإذا نجحت المركبة في إجراء مناورة صغيرة أخرى في غضون عامين، كما يقول، فقد تتجنب منطقة الظل الخاصة بكوكب الزهرة، والمستنزِفة للطاقة الشمسية، ومن ثم ستكون قادرة على الدوران حول الكوكب لمدة خمس سنوات، بدلًا من السنتين اللتين خُطِّط لهما من البداية.

أُطلقت أكاتسوكي ـ وهو اسم يعني «الفجر» باللغة اليابانية ـ في عام 2010، حيث كان مِن المفترَض أن تدخل في مدار حول كوكب الزهرة في وقت لاحق من ذلك العام؛ لدراسة غلافه الجوي الكثيف. وكانت المهمة

تَبدُّل المدار

يختلف مدار أكاتسوكي عن المدار الذي كان مقررًا للبعثة. ويؤثر المدار الحالي في الغالب بشكل سلبي على دقة وضوح صور كوكب الزهرة، لكنه يسمح أيضًا بمزيد من الصور التي تُظهر الكوكب بأكمله.

المدار الحالي: 10 أيام ونصف يوم
النقطة الأبعد: 370,000 كم
النقطة الأقرب: حوالي 4000 كم

كوكب الزهرة

المدار المقرر: 30 ساعة
النقطة الأبعد: 80,000 كم
النقطة الأقرب: 300 كم

SOURCE: JAXA

تشمل كذلك البحثَ عن علامات لبراكين نشطة، وعلامات جيولوجية أخرى. وعند دخولها المدار، حدث خطأ في أحد الصمامات؛ أدَّى إلى انفجار المحرك الرئيس. ومن ثم، دارت المركبة حول الشمس، بدلًا من كوكب الزهرة. ومع مرور أكاتسوكي بالقرب من كوكب الزهرة في شهر ديسمبر الماضي، تمكَّن مهندسو وكالة «جاكسا» من إنقاذ المهمة، عن طريق إصدار أوامر لدافعات السفينة الثانوية الأصغر بكثير، لدفعها إلى حلقات مدار بيضاوي الشكل حول الكوكب. التُقطت النتائج التي تم الإعلان عنها في أكسفورد من هذه النقطة، باستخدام مجموعة من خمس كاميرات تقوم بالتقاط أشعة ضوئية تتراوح بين الأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية.

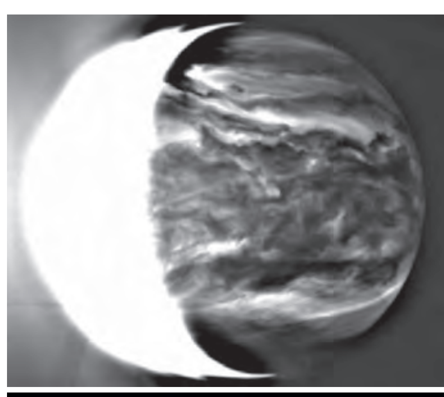
ومن بين ما التُقط من صور، ظهرت لقطة واضحة ومفصلة عالية الدقة لطبقات كثيفة في سُحُب حمض الكبريتيك الخاصة بكوكب الزهرة؛ فأثارت تصفيق الحاضرين. قال تاكيشي إيمامورا للحاضرين، وهو أحد العلماء العاملين بالمشروع: «تُعَدّ تلك هي الصورة الأعلى جودةً ـ المصوَّرة بالأشعة تحت الحمراء ـ لهذا المنظور للكوكب. وهي تشير إلى أن العمليات التي تكمن وراء تكوين السُّحب قد تكون أكثر تعقيدًا مما كان يُعتقد من قبل».

وما زال الفريق البحثي يتوقع ورود نتائج أفضل؛ حيث تم التقاط الصورة من على بُعد 100,000 كيلومتر، أي أكثر من 10 أضعاف بُعد المسبار عن الكوكب في موقعه الأقرب منه. وأضاف تاكيهيكو ساتوه، وهو الباحث الرئيس لكاميرا الأشعة تحت الحمراء ـ ذات نطاق الميكرومترين ـ الخاصة بالمسبار «IR2»، التي التقطت الصورة: «نحن نسعى حاليًّا لتحقيق دقة مكانية أفضل.. ونَعِد بتقديم مجموعة رائعة من البيانات للأوساط البحثية على مدى السنوات القادمة».

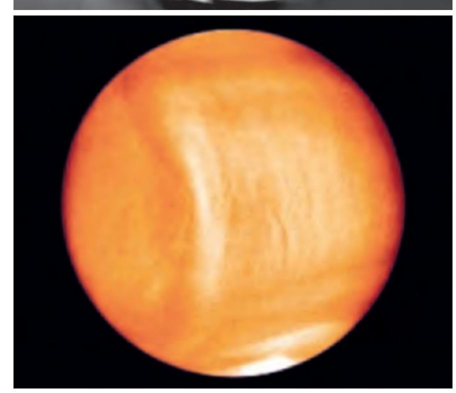
وقد برزت تكهنات عند رؤية الشكل المقوَّس في الصور الحرارية التي تم التقاطها باستخدام كاميرا الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة (LIR)، إذ بدا أن تشكيل السحابة المتحركة ـ التي تحركت من قطب إلى آخر عبر الكوكب على مدى أيام ـ يدور مع سطح كوكب الزهرة، وليس مع غلافه الجوي المتحرك بسرعة أكبر.

ومن جانبه، يقول ماكوتو تاجوتشي ـ الذي يقود عمل كاميرا LIR ـ إن تلك الحركة تشير إلى أن الجبهة قد تكون مرتبطة بسمات معينة على الأرض؛ بينما احتار آخرون ممن كانوا في المؤتمر في سبب حدوث الأمر. «إنها غامضة بالتأكيد»؛ هكذا وصفتها المتخصصة في علم الكواكب، سوزان اسمريكر، من مختبر وقود النفاثات، التابع لوكالة «ناسا» في باسادينا في كاليفورنيا.

وقد احتفى الباحثون بنجاح أكاتسوكي، لا سيما وهو الآن المسبار الوحيد الذي يعمل حول كوكب الزهرة. «الأجواء جيدة جدًّا»، كما يقول كولن ويلسون، المتخصص في علم الكواكب في جامعة أكسفورد في المملكة المتحدة. إن مدار المركبة ـ الذي عُدّل بعض الشيء في الرابع من شهر إبريل الماضي؛ لإعطاء المسبار فرصة أفضل ليدوم لسنوات عديدة قادمة، وكذلك لتقديم منظور علمي جيد ـ سيسمح له بمسح خط استواء كوكب الزهرة، كما كان مقرَّرًا في البداية. وستكمل الصور الناتجة عمليات مسح قطبي الكوكب، التي قامت بها المركبة «فينوس إكسبرس» Venus Express الخاصة بوكالة الفضاء الأوروبية، التي أنهت مهمتها في عام 2014، إلا أن فرصة عودة أكاتسوكي للعمل قد تصاحبها عدة تنازلات.. فمدارها التشغيلي الحالي الذي يستغرق 10 أيام ونصف يوم يبعدها تقريبًا 5 مرات عن مدارها الأصلي الذي كان مخططًا له، وذلك عند النقطة الأبعد التي تصل إليها المركبة عند كوكب الزهرة (انظر: «تبدُّل المدار»). وباستثناء تلك الصور ◄



ISAS/JAXA



غيوم مخطَّطة وشكل مقوَّس غامض.

التي التُقطت خلال تلك الفترة القصيرة التي يحوم فيها المسبار بالقرب من الكوكب، ستقلّ دقة وضوح الصور الملتقطة عما كان مخطَّطًا؛ ما يعني أن الدراسات التي تتطلب وضوح التفاصيل ـ مثل تلك التي تتضمن التقاط ومضات البرق ـ سوف تستغرق وقتًا أطول، إلا أن الفريق صرَّح بأنه يخطط للاستفادة قدر المستطاع من مدار المسبار الواسع؛ لالتقاط صور للكوكب بأكمله، تتتبَّع ملامحه العامة على مدار الزمن.

لم تتجاهل البعثة كل عواقب الانحراف الطويل غير المتوقَّع الذي حدث في رحلة المسبار حول الشمس. وحسب قول ساتوه، تعطلت إحدى الكاميرات في شهر يناير الماضي ـ في الغالب ـ بسبب التلوث التدريجي لسائل التبريد ـ الهيليوم ـ ببخار الماء على مر السنين، إلا أن المهندسين قاموا مؤخرًا بإصلاح المشكلة؛ عن طريق رفع درجة حرارة سائل التبريد؛ لتفريق البخار، لكن الأمر استغرق بعض الوقت. لقد «مررنا بفترة عصيبة، بلغت شهرًا كاملًا تقريبًا، لم نَتَلَقّ فيه أي نتائج».

وبرغم أنه سيتحتم على متخصصي علم الكواكب من خارج وكالة «جاكسا» الانتظار لمدة عام من بعد ظهور النتائج؛ للحصول على البيانات، إلا أنهم متحمسون لنجاح المسبار المبدئي. وهناك مشروعان قائمان على استكشاف الكوكب، يُحتمل إطلاقهما في أوائل عشرينات القرن الواحد والعشرين، ضمن خمسة مقترحات تُدرس حاليًّا من قِبَل وكالة «ناسا»؛ ومن المتوقع أن تحسم الوكالة أمرها في نهاية شهر ديسمبر المقبل. وقد تحصل بعثات كوكب الزهرة تلك على دفعة داعمة، إذا ما نجحت أكاتسوكي، خاصة إذا وجدت المركبة ملامح مثيرة للاهتمام على الكوكب تتطلب متابعة؛ كما تقول إسمريكار، التي تقود أحد المقترحات المقدَّمة التي تدرسها وكالة «ناسا»، وهي المركبة الرادارية «فيريتاس» VERITAS. وتضيف: «إذا استطاعوا رؤية نشاط بركاني جديد، مثلًا، فمن المؤكد أن ذلك سيجعلهم يقررون العودة لاستكشاف المزيد». ■



CHINAFOTOPRESS/GETTY

رئيس شركة بايدو - عملاق الإنترنت في الصين - روبن لي، يزيح النقاب عن المساعد الرقمي الذكي الخاص بالشركة «دوير» Duer.

ذكاء اصطناعي

شركات الذكاء الاصطناعي تستقطب الأكاديميين

الانتقال إلى مجال الصناعة يثير حماسًا قويًّا.. وبعض القلق أيضًا.

إليزابيث جيبني

عندما ترك أندرو نِج جامعة ستانفورد في عام 2011، وانتقل إلى شركة «جوجل»، كان حينها من بين مجموعة صغيرة جدًّا من خبراء الذكاء الاصطناعي «AI» في الأوساط الأكاديمية، الذين تولوا مناصب في مجال الصناعة. وبعد مرور خمس سنوات على ذلك، زاد الطلب على خبراء الذكاء الاصطناعي بشكل مذهل؛ ومن ثم اتجه سيل من الباحثين إلى اتباع مسار نِج نفسه. تكتظ مختبرات عمالقة التكنولوجيا «جوجل»، و«مايكروسوفت»، و«فيسبوك»، و«آي بي إم»، و«بايدو» ـ عملاق خدمات شبكة الإنترنت في الصين ـ بعلماء أكاديميين سابقين، جذبتهم الشركات الخاصة بمواردها الحاسوبية الخارقة ورواتبها العالية. «هناك أكاديميون يلقون باللوم عليَّ لبدء هذا الاتجاه»، كما يقول نِج، الذي انتقل مرة ثانية في عام 2014 إلى «بايدو»؛ ليصبح كبير العلماء هناك، وهو يعمل في مختبر أبحاث الشركة في «سيليكون فالي» بكاليفورنيا.

يرى كثير من العلماء أن اهتمام الشركات المكثف يعود بالنفع على مجال الذكاء الاصطناعي، فهو يجلب موارد هندسية هائلة إلى المجال، مُظْهِرًا أهميته في العالم الواقعي، كما يجذب الطلاب المتحمسين، إلا أن بعضهم يشعر بالقلق إزاء الآثار التي ستتبع هذا الانتقال الصناعي؛ الأمر الذي قد يترك الجامعات خالية ـ مؤقتًا ـ من أفضل المواهب، كما يمكن أن يغيِّر وجهة المجال نحو مساعٍ تجارية تأتي على حساب البحوث الأساسية.

تستثمر الشركات الخاصة بشكل كبير الآن في الذكاء الاصطناعي ـ وتحديدًا في تقنية تُدعى «التعلم العميق» ـ لتفي بالوعد الذي قطعته بأن تصل إلى فهْم جيد؛ من خلال جمع كميات هائلة من البيانات. وقد تستطيع أنظمة الذكاء الاصطناعي المتطورة خلق مساعدين شخصيين رقميين فعّالين، أو التحكم في سيارات ذاتية القيادة، أو القيام بمهام أخرى شديدة التعقيد بالنسبة إلى طرق البرمجة التقليدية. وتتيح موارد مختبرات الشركات التقدُّمَ الذي قد لا يكون ممكنًا في الأقسام الأكاديمية، كما يقول جيفري هينتون، وهو رائد في مجال التعلم العميق في جامعة تورونتو في كندا، ويعمل في شركة «جوجل» منذ عام 2013. ويستطرد قائلًا إنّ مجالات التعبير والتعرف على الصور مثلًا تم تعليق العمل فيها لسنوات، بسبب عدم وجود بيانات كافية لتُستخدم في خوارزميات التدريب، ولوجود نقص في الأجهزة. وقد استطاع التغلب على تلك العقبات في شركة «جوجل».

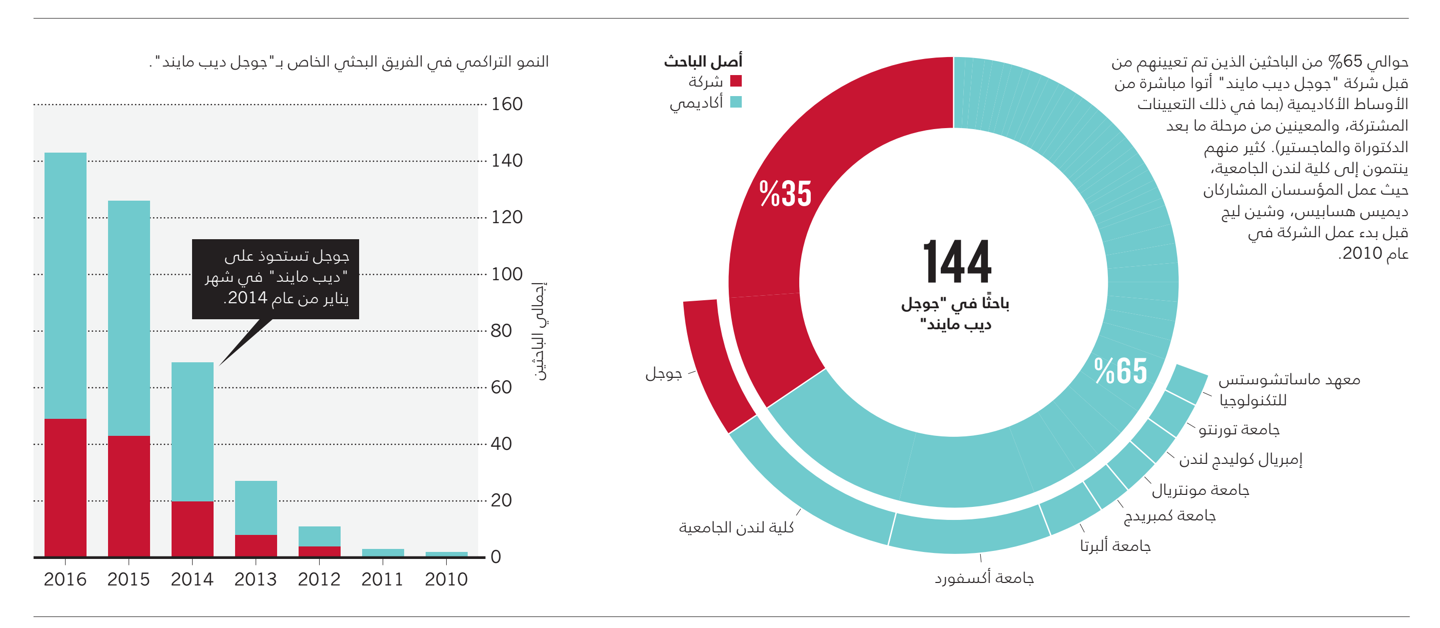
«إن مجال الذكاء الاصطناعي نشط جدًّا الآن. وهناك الكثير من الفرص، لكن عدد المتخصصين الذين يمكن أن يعملوا بها قليل جدًّا»، حسب قول نِج، الذي يضيف قائلًا إنه قد جذبه الكم الهائل من البيانات في الشركة، والقوة الحاسوبية بها، وقدرتها على معالجة مشكلات العالم الواقعي. وإضافة إلى ذلك.. يكمن أحد الإغراءات الأخرى في الرواتب «الفلكية» التي تقدمها الشركات الخاصة، كما تقول تارا سنكلير، كبير الاقتصاديين في شركة «إنديد» Indeed، ومقرها في أوستن بولاية تكساس؛ حيث تقوم الشركة بجمع الوظائف المنشورة على شبكة الإنترنت، وقد سجلت وجود طلب متزايد على الوظائف في مجال الذكاء الاصطناعي في بريطانيا والولايات المتحدة.

ويشير الحماس حيال الفكرة إلى كون مجال الذكاء الاصطناعي في مرحلة الآن يمكن له فيها أن يحقق أثرًا في العالم الواقعي. والشركات هي السبيل الطبيعي لتحقيق ذلك، كما يقول بيتر أبييل، المتخصص في مجال الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق في جامعة كاليفورنيا في بيركلي. وقد حدثت هجرة وظيفية مماثلة في مجال أبحاث أشباه الموصِّلات في الخمسينات، عندما تم جذب العديد من الشخصيات البارزة في المجال إلى مناصب رؤساء مختبرات البحث والتطوير في المصانع، كما يقول روبرت تيجسين، عالِم الاجتماع في جامعة ليدن في هولندا. ومن ثم، فإن تحرك الأكاديميين يجلب الخبرات إلى مجال

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

«جوجل ديب مايند» تنتزع المواهب

شرعت شركة "جوجل ديب مايند" – وهي شركة متخصصة في الذكاء الاصطناعي، ومقرها في لندن – في توظيف الكثيرين منذ عام 2014. رفض موظفوها مناقشة مسألة هجرة المواهب في المجال، لكن البيانات التي تم جمعها من قبل دورية *Nature* تشير إلى أن القائمة الحالية الخاصة بالشركة تتضمن 144 باحثًا على الأقل، أي ما يقرب من ثلثيهم تم جذبهم من الجامعات.



جُمعت البيانات بواسطة دورية *Nature* من مصادر على شبكة الإنترنت، من ضمنها "سكوبس" Scopus، و"لينكد إن" LinkedIn، و"جوجل سكولر" Google Scholar، وصفحات شخصية أيضًا. يَستثني مصطلح "باحثين" معظم مهندسي البرمجيات والمطورين، وجميع الإداريين وغيرهم من العاملين. كما تم تحديد هوية الباحثين حسب ألقابهم ("عالم بحثي"، أو "مهندس بحثي" مثلًا) أو مناصبهم السابقة. ولم يتم استعراض كل المؤسسات في هذا التحليل.

الصناعة، بينما يمدّ شبكات التواصل بين الشركات الجديدة وزملاء الباحثين وطلابهم السابقين، وهو أمر «مربح لكل الأطراف»، كما يقول تيجسين.

أوجه التعاون بين الشركات

يؤيد هذا الرأي هيرمان هيرمان، مدير المركز الوطني الأمريكي لهندسة الروبوتات، ومقره في جامعة كارنيجي ميلون في بيتسبرج في بنسلفانيا. في عام 2015، قام تطبيق «أوبر» Uber لطلب السيارات ـ الذي كان يتعاون مع المركز في حينها ـ بتوظيف ما يقرب من 40 ـ 150 باحثًا من باحثي المركز، لا سيما أولئك الذين يعملون على السيارات ذاتية القيادة. أشارت التقارير في ذلك الوقت إلى أن المركز قد واجه أزمة حقيقية، إلا أن هيرمان يقول إن الأمر كان مُبَالَغًا فيه. فقد كان هذا المشروع واحدًا من بين عشرات المشروعات في المعهد الذي يضم 500 عضو هيئة تدريس. وكانت تلك الخطوة فرصة جيدة لضخ دماء جديدة. وسرعان ما تبرعت شركة «أوبر» بمبلغ 5.5 مليون دولار أمريكي؛ لدعم المنح الدراسية للطلاب وأعضاء هيئة التدريس في المعهد. وفي الوقت نفسه، رفعت الدعاية من مكانة الأعمال التي يقوم بها المركز، حسب قول هيرمان؛ وارتفعت أعداد طلبات التقديم.

ويثير فقدان الخبرات في المجال الأكاديمي قلق يوشوا بنجيو، عالِم الحاسوب في جامعة مونتريال في كندا، الذي شهد أيضًا ارتفاعًا مفاجئًا في الطلبات المقدَّمة للدراسات العليا. فإذا ما احتفظ بعض أعضاء هيئة التدريس المعيَّنين في مجال الصناعة بأدوارهم في الجامعات ـ كما فعل هينتون في جامعة تورونتو ونج في جامعة ستانفورد في ولاية كاليفورنيا ـ فإنهم عادةً يَظَلُّون قلة قليلة، كما يقول بنجيو. ومن جانبه، يضيف أبيل قائلًا إن فقد أعضاء من هيئة التدريس يقلل عدد الطلاب الذين يمكن تدريبهم، خاصة في مرحلة الدكتوراة.

أمّا هينتون، فيتوقع أن نقص خبراء التعلم العميق لن يدوم طويلًا. «إن السحر الخاص بأبحاث الدراسات العليا التي تتم في الجامعات شيء ينبغي الحفاظ عليه. وتدرك شركة ‹جوجل› ذلك»، كما يقول. وبالفعل، تموِّل الشركة حاليًّا أكثر من 250 مشروعًا بحثيًّا أكاديميًّا، وعشرات المِنَح الدراسية لدرجة الدكتوراة.

ومن خلال إمداد مجال الصناعة بالمواهب، فإن الجامعات تحقِّق بذلك دورها الطبيعي؛ حسب قول مايكل وولدريدج، عالِم الحاسوب في جامعة أكسفورد في المملكة المتحدة. وفي ظل الاهتمام العام المتزايد بالذكاء الاصطناعي، يرجو وولدريدج ألا يرى الجامعات تُترك مهجورة. فقد تعاقدت شركة «جوجل ديب مايند» Google DeepMind ـ ومقرها لندن ـ مع عشر باحثين من جامعة أكسفورد في عام 2014، إلا أن جوجل قد منحت الجامعة إسهامًا ماليًّا بلغ عدة ملايين، كما شكلت تعاونًا بحثيًّا معها (انظر: «جوجل ديب مايند تنتزع المواهب»). ولا زال العديد من الأكاديميين الذين تم جذبهم لمجال الصناعة محتفظين بمناصبهم التدريسية ويمارسون مهامّهم هناك، وهو ما يعطي فرصًا للطلاب، ربما لم يكونوا ليحظوا بها أبدًا بأي وسيلة أخرى.

> **«هناك الكثير من الفرص، لكن عدد المتخصصين الذين يمكن أن يعملوا بها قليل جدًا».**

ويشعر بنجيو بالقلق أيضًا إزاء الآثار طويلة الأمد لهيمنة الشركات. يقول بنجيو إنّ الباحثين في مجال الصناعة يحافظون على السرية بشكل أفضل. فبرغم أن العلماء في بعض مختبرات الشركات ـ مثل تلك الموجودة في «جوجل»، و«بايدو» ـ لا يزالون ينشرون أوراقًا علمية ورموزًا حاسوبية بشكل مفتوح ـ مما يسمح لآخرين بأن يستخدموا أعمالهم كأساس لبناء أبحاثهم ـ إلا أن بنجيو يجادل بأن باحثي الشركات لا يزالون ـ في كثير من الأحيان ـ يتجنبون مناقشة أعمالهم قبل نشرها، إذ إنهم أكثر مَيْلًا من الأكاديميين إلى التقدم للحصول على براءات اختراع. ويضيف: «هذا يجعل من التعاون أمرًا أكثر صعوبة».

ويبدي بعض المُطَّلِعين على تلك الصناعة قلقهم بشأن الشفافية أيضًا. ففي شهر ديسمبر من عام 2015، كان إيلون مَسك ـ مؤسِّس «سبيس اكس» SpaceX ـ واحدًا من ضمن مجموعة من المستثمرين في «سيليكون فالي»، الذين أطلقوا شركة غير ربحية تُدعى «أوبن إيه آي» OpenAI في سان فرانسيسكو بكاليفورنيا. وإذ تلقَّت الشركة وعدًا من مسانديها بمنحها مليار دولار أمريكي، فهي تهدف إلى تطوير الذكاء الاصطناعي؛ من أجل الصالح العام؛ إذ تقوم بمشاركة براءات الاختراع الخاصة بها، وتتعاون مع مؤسسات أخرى بِحُرِّيَّة.

وعلى الرغم من التزام «جوجل»، و«فيسبوك»، وما شابههما حاليًّا بمعالجة المسائل الأساسية في مجال الذكاء الاصطناعي، إلا أن بنجيو يخشى ألّا يدوم ذلك طويلًا، ويقول: «لا تهتم المشروعات الرأسمالية سوى بالأهداف قصيرة المدى. إنها طبيعة ذلك الوحش». وهو في ذلك يستشهد بشركتي الاتصالات «بيل لابز» Bell Labs، و«إيه تي آند تي» AT&T كمثالين على الشركات التي كانت لديها مختبرات بحثية قوية، لكنها في نهاية المطاف خسرت مواهبها، عن طريق التركيز كثيرًا على الهدف قصير المدى لجني الأموال لصالح الشركة.

ويصِرّ هينتون على أن البحوث الأساسية تستطيع أن تزدهر في مجال الصناعة، ويقول إنه نظرًا إلى الحاجة المُلِحَّة إلى أبحاث الذكاء الاصطناعي، فإن بعض التوسع الحادث اليوم في البحوث الأساسية يجري حتمًا داخل الشركات، لكن ستستمر الأوساط الأكاديمية في لعب دور حاسم في أبحاث الذكاء الاصطناعي. ويضيف قائلًا: «هذا هو المكان الأكثر احتمالًا للحصول على أفكار جذرية جديدة منه». ■



DAVID GUTTENFELDER/AP

جبل بايكتو (يُسمى أيضًا جبل تشانجباي) والبحيرة الواقعة أعلى فوهته البركانية، حيث يُشرفان على الحدود الصينية الكورية الشمالية.

علم الزلازل

كوريا الشمالية تسمح للعلماء بتفحُّص بركان هائل

صور سيزمية أظهرتها بحوث دولية مشتركة غير مسبوقة تشير إلى تهديدات باندلاع براكين في المستقبل.

ألكسندرا ويتز

في تعاون نادر بين علماء من كوريا الشمالية وعلماء غربيين، تفحَّص العلماء طبقات الأرض تحت بركان خطير يقع على الحدود بين الصين وكوريا الشمالية. ويُلْقِي عملهم الضوء على التركيب الجيولوجي، الذي قد يؤدي إلى اندلاع مستقبلي محتمَل لبراكين.

وتقول كايلا ياكوفينو، عالمة البراكين في هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية في مينلو بارك بكاليفورنيا: «إنها نظرتنا الأولى إلى ما يبدو عليه البركان من الداخل».

استخدمت هي وزملاؤها ـ بقيادة ري كيونج سونج من إدارة الزلازل في بيونج يانج بكوريا الشمالية ـ بيانات زلزالية؛ لتحديد موقع الصخور المنصهرة تحت الجبل بدقة. وقد نُشرت ورقتهم البحثية في 15 إبريل الماضي في دورية «ساينس أدفانسيز»[1].

يُعَدّ البركان المسمَّى «جبل بايكتو» Mount Paektu على جانب كوريا الشمالية، والمسمَّى ـ في الوقت ذاته ـ «جبل تشانجباي» Changbaishan على الجانب الصيني، واحدًا من أخطر البراكين في المنطقة. وفي عام 946 قبل الميلاد تقريبًا، أُطْلِقَ أحد أقوى الانفجارات البركانية في التاريخ المسجل، حيث طال رماده مسافات بعيدة، كبُعْد اليابان. ويعيش اليوم أكثر من 1.6 مليون شخص في محيط 100 كيلومتر من بايكتو. يقول جيمس هاموند، عضو الفريق، وعالم الزلازل في كلية بيركبيك بجامعة لندن: «هذا البركان خامد حاليًّا، لكنه بالتأكيد مؤهل للانفجار؛ ولذا.. يجب أن نبقيه تحت المراقبة».

تستطيع الحِمَم البركانية المندلعة أن تصل إلى 20 كيلومترًا من قمة الجبل، حسب قول هايتشوان وي، عالِم البراكين في إدارة الزلازل الصينية في بكين، الذي درس النشاط السابق للجبل البركاني[2].

ولأن البركان يمتد عبر الحدود بين الصين وكوريا الشمالية، فإن الدراسات العلمية حوله مشتَّتة بين البلدين. وتقول ياكوفينو: «هناك أشخاص أمضوا حياتهم كلها يدرسون البركان، ولم يروا جانبه الآخر قط». ويحظى الجبل بمكانة خاصة في كوريا الشمالية، لكونه مسقط رأس كل من مؤسس المملكة الكورية الأولى، والزعيم السابق لكوريا الشمالية، كيم جونج إل.

> «بإمكاننا الآن أن نبدأ ـ على الأقل ـ في رسم صورة لما يحدث».

اندلع بركان بايكتو آخر مرة في عام 1903. وفي عام 2002، بدأ يضطرب، مولِّدًا آلاف الزلازل الصغيرة، ربما بسبب تحرُّك الصخور المنصهرة تحت الأرض. وانتهى ذلك الاضطراب الزلزالي بعد عدة سنوات بدون اندلاع أي حِمَم بركانية، لكن هذا الهدوء شجَّع العلماء ـ على جانبي الجبل ـ على إعادة تقييم ما يعرفونه عن البركان، ومحاولة الاستعداد لما قد يفجِّره في المستقبل.

في عام 2011، وبدعوة من حكومية كوريا الشمالية، زار هاموند البلاد بصحبة كليف أوبنهايمر، عالِم البراكين في جامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة. وأسفرت الزيارة عن مشروع تعاوُن غير مسبوق؛ لمحاولة فهْم «بايكتو» بشكل أفضل على جانبه الكوري[3]. وبدعم دبلوماسي من الجمعية الأمريكية لتطوير العلوم في واشنطن العاصمة، والجمعية الملكية في لندن، قام هاموند بترتيبات لإرسال ستة مقاييس للزلازل على أحدث الطرز المتطورة إلى كوريا الشمالية.

لم يكن الأمر سهلًا.. فقد استغرق استخراج تصاريح الاستيراد المطلوبة سنوات، واضطر الفريق إلى إلغاء الخطط المقررة لقياس الاتصال تحت البركان، لأنه كان للمعدات المطلوبة استخدام آخر في رصد الغواصات. وفي النهاية، استطاع هاموند وزملاؤه عمل مقاييس للزلازل على امتداد 60 كيلومترًا إلى الشرق من قمة جبل بايكتو، في قلب المناطق الريفية. يقول هاموند: «إنني أزور هذه العائلات كل عام. إنها تعتني بمحطاتنا بالإنابة عنا. لقد كانت رغبة هذه العائلات في فهْم هذا البركان جليَّة».

وظلت مقاييس الزلازل في مواضعها منذ أغسطس 2013، حتى أغسطس 2015 (وهو ما يعني أنها لم تكن موجودة خلال أيٍّ من تجارب الأسلحة النووية الأربع في كوريا الشمالية). ووجد العلماء ـ من خلال تحليل كيفية تحرُّك موجات الزلازل تحت البركان ـ أن جزءًا مهمًّا من القشرة الأرضية لا بد أنه منصهر، جزئيًّا على الأقل. تقول ياكوفينو: «السؤال الأهم هو ما إذا كان هذا الانصهار سيتحول إلى انفجار بركاني، لكنْ بإمكاننا الآن أن نبدأ ـ على الأقل ـ في رسم صورة لما يحدث».

وأشارت دراسات سابقة إلى وجود صخور منصهرة تحت البركان، حسب قول هايبو زو، المتخصص في علوم الأرض في جامعة أوبورن بألاباما، لكنه يرى أن «أي بحث جديد وجادّ يُعَدُّ مثيرًا للاهتمام».

ويراقب العلماء الصينيون والكوريون الشماليون «بايكتو» باستخدام شبكاتهم للرصد الزلزالي، إلى جانب عينات من الغاز، تم جمعها من الينابيع الساخنة، لكنْ إلى أن يتكون لدى المتخصصين في علوم الأرض فهْم أفضل للنشاط السابق للبركان، سيكون من الصعب إبلاغ مسؤولي الطوارئ بكيفية الاستعداد للاندلاع المستقبلي للبراكين، حسب قول ياكوفينو. وعلى سبيل المثال.. كانت ياكوفينو تقوم برصد مواقع الرماد والحجر الخفّاف وغيره من الحجارة التي أطلقها البركان لدى اندلاعه في عام 946 قبل الميلاد على الخرائط الجيولوجية. فقد انهمرت على جوانب الجبل كميات هائلة من سُحب الغاز فائق الحرارة والرماد، تَبِعَتها انهيارات أرضية مدمرة. وإذا كان البركان «بايكتو» سينفجر مجددًا، فقد يرسل سيولًا من الماء، تنحدر من البحيرة الواقعة أعلى القمة، أو قد يبث سُحُبًا من الرماد باتجاه السماء، وهو ما قد يؤثر على الرحلات الجوية المارة بكوريا واليابان.

ووجدت ياكوفينو ـ من خلال دراسة الصخور التي تم جمعها خلال زيارة عام 2013 ـ أن انفجار عام 946 قبل الميلاد ربما ضخ كميات من ثاني أكسيد الكبريت في الغلاف الجوي، أكثر مما ذكرته الدراسات السابقة[4]، مما يشير إلى أن «بايكتو» لديه القدرة على تغيير المناخ العالمي.

زار هاموند بيونج يانج في إبريل الماضي، حيث ناقش مقترحات لتوسيع الدراسات حول «بايكتو». يقول: «نودّ حقًّا أن نعمل مع الصينيين والكوريين الشماليين لدراسة البركان، باعتباره بركانًا كاملًا، باستخدام معدّات على جانبي الحدود. وفي النهاية، الأمر متروك لهم ليعملوا معًا، وربما أمكننا أن نكون جزءًا من هذا العمل». ■

1. Ri, K.-S. *et al. Sci. Adv.* **2,** e1501513 (2016).
2. Wei, H., Liu, G. & Gill, J. *Bull. Volcanol.* **75,** 706 (2013).
3. Hammond, J. 'Understanding volcanoes in isolated locations: Engaging diplomacy for science' *Sci. Diplom.* **5,** No. 1 (2016).
4. Xu, J. *et al. Geophys. Res. Lett.* **40,** 54–59 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ألعاب تمكّن الباحثين من الاستعانة بالجمهور؛ لحل المسائل العلمية.

فيزياء

العالَم الكَمِّي.. قد يكون عالَمًا حدسيًّا

لعبة حاسوبية تُظْهِر براعة العقل البشري في استيعاب قوانين ميكانيكا الكَمّ الغريبة.

إليزابيث جيبني

عادةً ما يُعتبر العالَم الكَمّي ذا طبيعة غير متوقَّعة، إذ يتضمن وجود جسيمات في مكانين مختلفين في الوقت نفسه. ومؤخرًا، ابتكرت مجموعة من العلماء لعبة فيديو تتبع قوانين ميكانيكا الكَمّ، يستطيع اللاعبون غير المتخصصين في علم الفيزياء التفوق فيها (J. J. W. H. Sørensen *et al*. *Nature* **532**, 210–213; 2016). وأحد الآثار المترتبة على ما ابتكره فريق العلماء هو أن الجهود الرامية إلى أن نهج استخدام ألعاب الحاسوب لجمع حلول للمسائل العلمية من الجمهور يمكن أن يُطَبَّق حاليًّا في مجال فيزياء الكَمّ إذ إنه في الماضي، اقتصرت مشروعات «ابتكار الألعاب» gamification تلك على المسائل التي تمثل تحديًا، لكنها ليست فائقة التعقيد، مثل عملية طيّ البروتينات مثلًا.

وتشير النتائج كذلك إلى أن العقل البشري قد يكون أكثر قدرة على استيعاب قواعد العالَم الكَمّي الغريب عما كان يُعتقد في السابق، وهو اكتشاف قد تترتب عليه آثار عدة في كيفية تناول العلماء لفيزياء الكَمّ، حسب قول جاكوب شيرسون، المتخصص في علم فيزياء الكَمّ في جامعة آرهوس في الدنمارك، الذي قاد تلك الدراسة. ويضيف: «ربما ينبغي علينا السماح لحدسنا الطبيعي أن يتدخل في طريقتنا لحل المشكلات». كما أن العلماء الذين يدرسون أُسس فيزياء الكَمّ يقولون منذ زمن إنّ إيجاد نهج أكثر حدسية لفيزياء الكَمّ يمكن أن يساعد في حل الألغاز المذهلة، على الرغم من عمل كثيرين على إمكانية تحقيق ذلك، دون التوصل إلى نظريات جديدة.

تعتمد لعبة «كوانتم موفز» *Quantum Moves* على مسألة حقيقية في مجال الحوسبة الكَمّية، هي: ما مدى سرعة تحريك شعاع ليزر لذرّة من تجويف إلى آخر في بِنْيَة تأخذ شكل صندوق بيض، دون تغيير طاقة الذرّة، وهي في حالة كمية حساسة؟ في العالم الكَمّي، تتوازن السرعة مع الطاقة، ويحدّهما مبدأ عدم التيقن الخاص بهايزنبرج؛ وبالتالي، يكمن السر في العثور على النقطة الأنسب، التي يكون عندها الانتقال من مكان إلى آخر أسرع ما يمكن، دون إرباك الحالة الكَمّية. ويوجد عدد غير نهائي من التشكيلات الممكنة للحركة والتوقيت، وقد قام العلماء بتصميم خوارزميات حاسوبية ضمن محاولات لحل المسألة.

> «يجب علينا أن نحاول أن نكون أكثر عفوية وبديهية حيال حل المشكلات.»

في هذه اللعبة، يعبَّر عن الذَّرَّة في شكل سائل يتحرك داخل تجويف، ليعكس الطبيعة الموجية للجسيم الكَمّي. في إحدى مراحل اللعبة، يقوم اللاعبون بتحريك المؤشر؛ للتحكم في تجويف آخر، يستخدمونه لتجميع السائل المتحرك؛ لإعادته إلى قاعدته الأساسية. يتصرف السائل وفقًا لقوانين ميكانيكا الكَمّ، وليس كوعاء ماء مثلًا. ومن أجل تجميع السائل، يقوم اللاعبون بدفعه للتحرك في «نفق كَمِّي» يمتد من تجويف إلى آخر، وهو ما يجب على اللاعبين تعلُّم التكيف معه. وبمجرد أن يجدوا طرقًا لنقل السائل، يمكن حينها لجهاز حاسوب أن يترجم تحركات الفأرة التي قاموا بها إلى حلول لنموذج صندوق البيض الكَمّي في العالم الحقيقي.

واستطاع فريق شيرسون البحثي الوصول إلى حوالي 300 شخص للعب هذه المرحلة فقط 12,000 مرّة على منصة أبحاث تطوعية تُسمى «ساينس آت هوم» ScienceAtHome. ومن ثم، قام الباحثون بإدخال الحلول البشرية إلى جهاز حاسوبي؛ لإجراء المزيد من التعديلات، فاتضح أن أكثر من نصف الحلول المستوحاة من البشر كانت أكثر كفاءة من تلك التي تنتجها الخوارزميات الحاسوبية وحدها، كما أنه من خلال الجمع بين أفضل استراتيجيتين هجينتين، تم الحصول على نتيجة أفضل مما قد يحققه أسرع حاسوب على الإطلاق. يقول شيرسون: «دُهِشْتُ حقًّا عندما رأيت النتائج».

ميزة بشرية

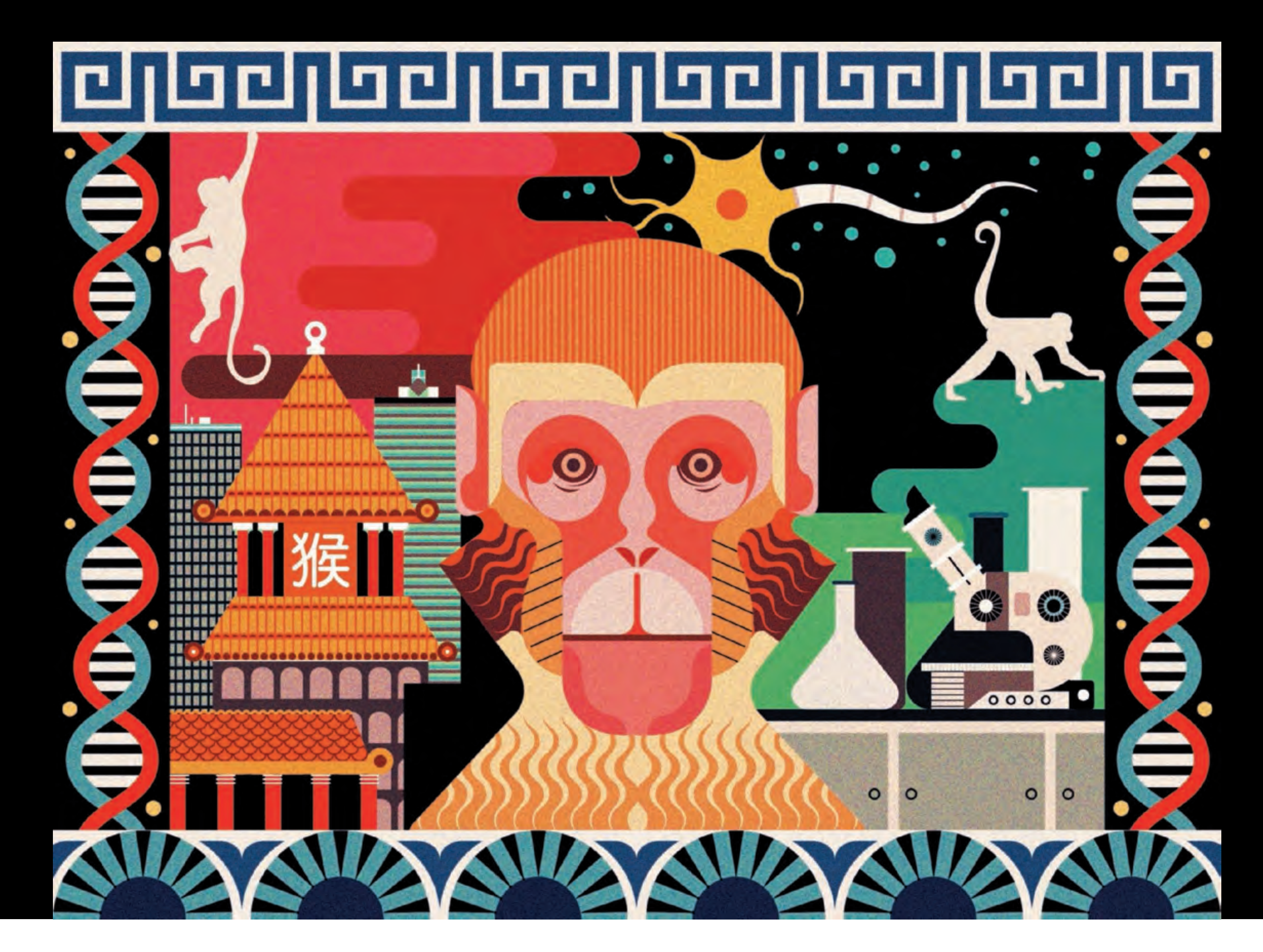
إن ما تضيفه القدرات البشرية إلى هذا المزيج غير واضح. فعلى الرغم من وجود علاقة بين الاهتمام بعلم الفيزياء والمهارة في اللعب، لم تُلاحَظ علاقة مماثلة مع سنوات دراسة فيزياء الكَمّ. ويشير شيرسون إلى أن الاستراتيجيات البشرية العظيمة تنبع من قدرة العقل على التقاط جوهر المشكلة. وقد تبدو المفاهيم الكَمّية أقل غرابة للناس في لعبةٍ معينة مما هي عليه في سياقات أخرى، إذ إنها بيئة يتوقعون فيها أن تُخْرَق القواعد، حسب تفسير سابرينا مانيسكالكو من مركز توركو لفيزياء الكَمّ في فنلندا، الذي يدير ملتقى يهدف إلى صناعة ألعاب قد تفيد في مجال فيزياء الكَمّ.

وبالنسبة إلى شيرسون، تشير النتائج أيضًا إلى أن الفيزيائيين يمكنهم استخدام حدسهم الخاص بشكل أكبر. ويقول: «يجب علينا أن نحاول أن نكون أكثر عفوية وبديهية حيال حل المشكلات». وتحقيقًا لهذه الغاية، يقوم فريقه ببناء نسخة من اللعبة، يستطيع فيها الفيزيائيون تفصيل السيناريو لتمثيل تكوينات مختلفة، بحيث يقدّم لهم ذلك تبصُّرًا أعمق لأبحاثهم.

ويتفق علماء آخرون متخصصون في فيزياء الكَمّ على أنّ ما تم التوصل إليه بأنّ بإمكان الناس تطوير حدسهم نحو العمليات الكَمِّيَّة مثيرٌ للدهشة، إلا أنهم يعتقدون أن العلماء يستخدمون الحدس بالفعل لحل المسائل الكَمّية، على الأقل في مجال الرياضيات. ومن خلال تلك اللعبة، يكتسب الناس ـ على الأرجح ـ شكلًا من أشكال الحدس، كما يقول سيث لويد، الفيزيائي بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج. كما أشار إلى أنه قبل تعلُّم الأطفال توقُّع بقاء الأجسام في أماكنها، يتكون لديهم شكل من أشكال الحدس الكَمّي، يتخلصون منه فيما بعد. ويقول: «إذا اختفى الجسم قبل ثلاثة أشهر، سيعتقدون أنه هكذا تسير الأمور في العالَم، لكنْ بعد ثلاثة أشهر سوف يتساءلون: 'أين ذهبت اللعبة؟'».

يقول لويد أيضًا إن جزءًا كبيرًا من نجاح لعبة «كوانتم موفز» يرجع إلى تصميمها الذكي، الذي يقوم بترجمة مسألة كَمِّيَّة بنجاح إلى مشكلة بصرية، لكنه قد يفشل مع المشكلات الكَمّية الأكثر تعقيدًا.

إن الفيزيائيين الذين يحاولون تطوير خوارزميات حاسوبية كَمِّيَّة هم بالفعل يلعبون بواجهات رسومية؛ لمساعدتهم على تحسين الحلول الموجودة، كما يقول تشارلز طاهان، الفيزيائي النظري في جامعة ميريلاند في كوليدج بارك، إلا أنه يعتقد أن تدريس الحدس الكَمّي من خلال الألعاب له فوائد؛ إذ ابتكر لعبة أخرى تُسمَّى «ميكانِك» *Meqanic*، يقوم فيها اللاعبون بإجراء عمليات حسابية كمية أساسية. وتفرض قواعد اللعبة اتباع الحدس أثناء اللعب. وهو يأمل في أن تعزِّز من قدرات الطلاب؛ وتسهِّل العثور على الأشخاص ذوي الموهبة الفطرية غير المستغلّة؛ من أجل هذا المجال. ■



مملكة القردة

الصين تثبت مكانتها كرائدة عالمية لأبحاث الرئيسيات

ديفيد سيرانوسكي

على بُعْد ساعة بالسيارة من كونمينج جنوب غرب الصين، خلف حوائط الطوب الأحمر، والغابات مترامية الأطراف، تقع حديقة حيوان غير عادية، هي بمثابة مجمع محاط بالأسوار وله بوابة، يخيم عليه الهدوء الشديد، وتسوده أجواء شاعرية. في الداخل ترى سلسلة من بيوت الحيوانات الأسمنتية رمادية اللون، متراصة على تل أخضر، لكل منها سقف بلاستيكي شفاف يسمح بمرور الضوء. هذا هو مختبر يونان الرئيس للبحوث الطبية الحيوية للرئيسيات، وهو يضم حوالي 1,500 قرد، تُستخدَم جميعها لأغراض بحثية.

يخفي السكون الذي يخيِّم على المختبَر الزخم والنشاط الهائل بداخله.. فإثر افتتاحه في عام 2011، سرعان ما أصبح المختبر قِبلةَ البحوث المتطورة الخاصة بالرئيسيات، مُصَدِّرًا حيوانات نموذجية؛ لدراسة الأمراض، بجانب نشر العديد من الدراسات والأبحاث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المبتكرة التي جعلت من مدير المختبر ـ جي ويزي ـ شخصًا يتهافت الكثيرون للتعاون معه. يحوي المختبر مجموعة من القردة المُعدَّلة جينيًّا، التي تُستخدم كنماذج لدراسة أمراض معينة، مثل الحثل العضلي دوشين، والتوحد، ومرض باركنسون. ويخطط جي لمضاعفة عدد رؤساء الفِرَق العاملة هناك، من 10 رؤساء إلى 20 في السنوات الثلاث المقبلة، كما ينوي توسيع نطاق التعاون الدولي، إذ يتعاون بالفعل مع علماء من أوروبا والولايات المتحدة. يقول أحد المتعاونين معه، وهو كينيث تشاين، المتخصص في أمراض القلب بمعهد كارولينسكا في ستوكهولم: «من ناحية كونها منصَّة تكنولوجية، فجي يسبقنا جميعًا»، غير أن جي ليس وحده الذي لديه طموح لمستقبل بحوث القردة. فقد انتشرت مراكز الأبحاث المتطورة الخاصة بالرئيسيات في كل من شينزين، وهانجزو، وسوجو، وجوانجو خلال العشر سنوات الماضية، بدعم من الحكومات المركزية والمحلية.

وفي شهر مارس الماضي، وافقت وزارة العلوم على إطلاق مركز جديد في معهد كونمينج لعلم الحيوان، ويُتوقع أن تبلغ تكلفة بنائه ملايين الدولارات. ويمكن لهذه المراكز أن توفر أعدادًا كبيرة من القردة للعلماء، إضافة إلى رعاية عالية الجودة للحيوانات، ومعدات متطورة بأقل قدر من التعقيدات الروتينية. وسيركِّز أحد المشروعات الرئيسة لأبحاث المخ ـ والمتوقَّع إطلاقه قريبًا في الصين ـ الجزء الأكبر من جهده على استخدام القردة في دراسة الأمراض.

يتناقض هذا الحماس تناقضًا صارخًا مع الأجواء التي تخيِّم على النشاط البحثي في الغرب، حيث تسببت مجموعة متشابكة من العقبات التنظيمية والقيود المالية والاعتراضات المتعلقة بأخلاقيات العلوم الحيوية في تعثُّر بحوث الرئيسيات غير البشرية بشكل متزايد. وقد انخفض عدد القردة المستخدَمة في الأبحاث في أوروبا بين عامي 2008 و2011 بنسبة 28%، كما أَحْجَمَ بعض الباحثين تمامًا عن محاولة إجراء مثل هذه الأبحاث في الغرب.

وهكذا، شرع الكثيرون في نقل تجاربهم إلى الصين، من خلال إيجاد متعاونين، أو إنشاء مختبراتهم الخاصة هناك. وهناك مراكز صينية تَصِف نفسها بأنها مراكز بحوث الرئيسيات التي يقصدها العلماء للاستفادة من الأدوات الأحدث، مثل أدوات التحرير الجيني، وأدوات التصوير المتقدمة. يقول ستيفان ترو، وهو عالِم أعصاب، يرأس المركز الألماني للرئيسيات في جوتنجن بألمانيا: «قد تصبح تلك المراكز مماثلة لمختبر «سيرن» CERN في سويسرا، حيث أُنشئ مركز ضخم يقصده الناس من جميع أنحاء العالم؛ للحصول على بيانات».

في ظل ازدهار الصين السريع لبحوث الرئيسيات، يخشى بعض العلماء أن يعجِّل ذلك بضمور مثل هذا العلم في الغرب، وأن يؤدي إلى ما يشبه الاحتكار، حيث يعتمد الباحثون على دولة واحدة بشكل زائد لإجراء؛ بحوث الأمراض الأساسية، واختبار الأدوية. يقول إيروان بيزارد، مدير معهد أمراض الأعصاب في جامعة بوردو في فرنسا، كما أسس شركته الخاصة لبحوث الرئيسيات «موتاك» Motac في بكين: «لا ترى الحكومات ولا يرى السياسيون ذلك.. لكننا نواجه خطرًا ضخمًا». وعلى حد قوله، لا تزال أوروبا والولايات المتحدة تملكان الهيمنة والريادة في بحوث الرئيسيات، لكن يمكن لذلك أن يتغير مع هجرة الخبرات نحو الشرق. ويضيف: «ستصبح الصين المكان الذي يتم فيه التحقق من صحة كل الاستراتيجيات العلاجية. هل نرغب في ذلك؟ أم نودّ أن يظل كل شيء تحت سيطرتنا؟».

تشابه القردة

كان الباحثون يعتمدون لعدة عقود على القردة؛ لتسليط الضوء على وظائف الدماغ وأمراضه، نظرًا إلى تشابهها مع البشر. وقد أدَّى نمو أبحاث العلوم العصبية إلى زيادة الطلب عليها. ورغم أن ارتفاع التكلفة ودورات التكاثر الطويلة كانا يحدّان من استخدام هذه الحيوانات في السابق، إلا أن تقنيات التكاثر الجديدة، وتقنيات الهندسة الوراثية، مثل «كريسبر/كاس9» تساعد الباحثين في التغلب على تلك العيوب، ما يجعل من هذا الحيوان أداة تجريبية أكثر فعالية.

هناك أعداد كبيرة من قردة المكاك في الصين، وهي أساس أبحاث الرئيسيات غير البشرية. وبرغم انخفاض عدد قردة ريسوس (*Macaca mulatta*) البرية، إلا أن عددها في المزارع قد ارتفع. وحسب البيانات التي أصدرتها إدارة الدولة للغابات في الصين، فقد زاد عدد الشركات التي تقوم باستيلاد قردة المكاك؛ لاستخدامها في المختبرات، من 10 إلى 34 شركة بين عامي 2004 و2013، وقفز عدد الحيوانات التي يمكن لتلك الشركات بيعها في الصين أو خارجها من 9,868 إلى 35,385 حيوانًا خلال تلك الفترة. كما تزداد كذلك أعداد قردة المارموسيت في المَزارع (وهو نوع آخر من القردة، يُستخدم بكثرة في الأبحاث).

يتم شحن أغلب القردة إلى شركات المستحضرات الصيدلية، أو الباحثين في أماكن أخرى حول العالم، إلا أن تقدير العلماء المتنامي لاستخدام نماذج هذا الحيوان قد حفَّز استثمار الحكومات المحلية والشركات الخاصة في المناطق البحثية المخصصة لذلك. وقد وَضَعَت خطة الدولة الخمسية الصادرة في عام 2011 نماذج أمراض الرئيسيات كهدف وطني؛ وأعقبت ذلك وزارة العلوم بضخ 25 مليون يوان (أي 3.9 ملايين دولار أمريكي) في المبادرة عام 2014.

«ستصبح الصين المكان الذي يتم فيه التحقق من صحة كل الاستراتيجيات العلاجية».

إن العلماء الذين يزورون الصين بصفة عامة راضون عن مستوى الرعاية الذي تحظى به الحيوانات في هذه المرافق، كما حصل أغلبها على المعيار الذهبي في رعاية الحيوانات، أو لا يزال يسعى للحصول عليه، وهو شهادة اعتماد، تقدِّمها مؤسسة AAALAC الدولية.

إن مختبر يونان الرئيس ـ الذي يديره جي ـ هو أكثر مراكز بحوث الرئيسيات نشاطًا، لكن الأمر لا يخلو من المنافسة. فقد تم تمويل مركز القردة الجديد في معهد كونمينج لعلم الحيوان كجزء من الخطة الوطنية لتنمية معدات العلوم الضخمة، التي تتضمن التليسكوبات، والحواسيب الفائقة. وسيسهم التمويل في مساعدة المعهد على مضاعفة مستعمرة القردة الخاصة به، التي تضم 2,500 قرد من قردة المكاك (*Macaca fascicularis*) وريسوس.

من جانبه، يقول تشاو شودونج، الذي يدير مركز أبحاث الرئيسيات، إنّ الخطة تقتضي أن «يُجَهَّز المكان كما تُجَهَّز المستشفيات، بأقسام منفصلة للعمليات الجراحية وعلم الوراثة وتقنيات الأشعة»، إضافة إلى سير متحرك؛ لنقل القردة بين الأقسام المختلفة. وسيكون هناك نظم لقياس درجة حرارة الجسم، ومعدل ضربات القلب، وغيرها من البيانات الفسيولوجية؛ لتحليل الخصائص أو «الأنماط الظاهرية» للحيوانات التي سيكون قد تم تعديل جينات الكثير منها. ويضيف تشاو: «إننا نسمي هذه الخطة «محلِّل مقارنة النمط الجيني بالنمط الظاهري»». وسوف يستغرق الأمر 10 سنوات حتى يكتمل، إلا أن تشاو يأمل أن يبدأ البناء في العام الحالي، وتبدأ الأبحاث خلال ثلاث سنوات من الآن. أما المنشآت الأخرى، فرغم أنها أصغر حجمًا، إلا أنها تتوسع هي الأخرى وتتنوع. ويخطط معهد العلوم العصبية في شنجهاي لزيادة أعداد قردة العالَم القديم من 600 إلى 800 في العام المقبل، وتوسيع مجموعة قردة المارموسيت الثلاثمائة الخاصة بها.

مسألة تكلفة

تسلك الأرقام اتجاهًا معاكسًا تمامًا خارج الصين. فقد أغلقت كلية هارفارد للطب مركز أبحاث تابعًا لها في شهر مايو من عام 2015 لأسباب استراتيجية. وفي شهر ديسمبر الماضي، قررت معاهد الصحة الوطنية الأمريكية إنهاء التجارب التي تتم على الرئيسيات غير البشرية بشكل تدريجي في أحد مختبراتها، وأعلنت بالتالي أنها ستعيد النظر في كل الأبحاث التي تتم على الرئيسيات غير البشرية التي تقوم بتمويلها. وفي أوروبا، يقول الباحثون إنّ الأجواء أصبحت غير مرحِّبة بمثل تلك الأبحاث.

تُعَدّ التكلفة العالية عقبة جوهرية. ففي عام 2008، ساعد لي سياو جيانج ـ عالِم الوراثة في جامعة إيموري في أتلانتا في جورجيا ـ في إنشاء أول نموذج في العالم لمرض هنتنجتون[1] في قرد مُحَوَّر وراثيًّا، وذلك بالتعاون مع زملاء في مركز يركيس الوطني لأبحاث الرئيسيات. يقول لي إنّ شراء قرد في الولايات المتحدة يكلف 6,000 دولار، وتكلِّف رعايته 20 دولارًا يوميًّا، في حين أن شراء قرد في الصين يكلِّف ألف دولار فقط، ورعايته 5 دولارات فقط في اليوم. ويضيف: «بما أن التكلفة أعلى؛ فينبغي أن تطلب منحة أكبر، ومن ثم ستكون معايير التقييم أكثر صرامة»، إذ إنّ وكالات التمويل «لا تحبِّذ حقًّا الأبحاث التي تُجرى على الحيوانات الكبيرة».

ورأى لي أن الحل بسيط للغاية.. فلنذهب إلى الصين. يشغل لي الآن منصبًا مشتركًا في معهد علم الوراثة وعلم الأحياء التنموي في بكين، حيث يسمح له بالوصول إلى حوالي 3,000 قرد من نوع *Macaca fascicularis* في مزرعة في جوانجو، وحوالي 400 قرد ريسوس في مركز رعاية القردة، التابع للأكاديمية الصينية للعلوم الطبية في بكين. وقد أصدر سلسلة من المنشورات المتعلقة بالقردة ذات النُّسَخ المعدلة من الجينات التي تتورط في مرض الحثل العضلي دوشين[2]، ومرض باركنسون[3].

أما عالمة الأعصاب آنا وانج روو، فتقول إنّ التعقيدات الروتينية كانت هي الدافع لتَوَجُّهها

نحو الصين. يحاول فريق روو في جامعة فاندربيلت في ناشفيل بولاية تينيسي دراسة ترابط الوحدات في المخ. وحسب قولها، فقد قضت هي وزملاؤها 25% من وقتهم، وأنفقوا قدرًا كبيرًا من الأموال في توثيق جرعة كل من الأدوية التي يقدموها للقردة، وطريقة تناولها بمقتضى اللوائح والقوانين. وحول ذلك تقول: «إننا نسجل شيئًا واحدًا كل 15 دقيقة. هذا ليس خطأ، لكن المشكلة أنها تستهلك قدرًا هائلًا من الوقت».

في عام 2013، اقترحت روو أن تقوم جامعة تشجيانج في هانجزو ببناء معهد للعلوم العصبية، بعد انبهارها بأجواء التعاون السائدة هناك. في اليوم التالي مباشرة، وافقت الجامعة، وأصبح لديها الآن ميزانية تكفي لمدة خمس سنوات تبلغ 25 مليون دولار. «فور اتخاذ القرار، يمكنك البدء في إصدار الشيكات»، كما تقول روو. وهي تقوم الآن بإغلاق مختبرها في الولايات المتحدة؛ لتحتل منصب مدير معهد تشجيانج للعلوم العصبية والتكنولوجيا ذي التخصصات المتعددة، حيث تأمل في بدء استخدام حزمة من معدات وأجهزة تحليل المخ الأحدث، منها جهاز جديد قوي للتصوير بالرنين المغناطيسي، بقوة 7 تسلا، وتقول إنه سيلتقط صور دقيقة بشكل غير مسبوق لأدمغة الرئيسيات.

«يساعد هذا المكان على حدوث الأشياء بشكل أسرع».

شعر بوب ديسيمونه بانبهار مماثل من السرعة التي تتحرك بها دولة الصين. ولكونه عالم أعصاب يترأس معهد مكجفرن لأبحاث المخ التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج، فقد عَقَدَ لقاءً ترحيبيًّا وتعريفيًّا مع عمدة مدينة شينزين في شهر يناير من عام 2014. وفي شهر مارس، تَبَرَّع العمدة بمبنى في حرم معهد شينزين للتكنولوجيا المتقدمة؛ لإنشاء مركز للأبحاث على القردة، ووعد ليبينج وانج، الذي كان من المقرر أن يتم تعيينه مديرًا للمركز بعد ذلك بقليل، بأن يتم استكمال تجهيز المركز وإعداده قبل حلول فصل الصيف. ظن ديسيمونه أن ذلك مستحيلًا، وراهن بزجاجتين من أفضل أنواع الخمور الصينية على أن المركز لن يصبح جاهزًا في الوقت المحدد؛ وقد خسر الرهان. نجح الفريق في تجميع جزء كبير من مبلغ العشرة ملايين دولار اللازمة من مِنَح تنمية المدينة، بالإضافة إلى مبلغ صغير من معهد مكجفرن. وسرعان ما بدأت عملية تسكين الحيوانات الأولى في معهد بحوث الإدراك العقلي واضطرابات الدماغ. يقول ديسمونيه: «يساعد هذا المكان على حدوث الأشياء بشكل أسرع».

لكن الأموال والقردة فقط لا تكفي للوصول إلى اكتشافات جديدة. يقول الباحثون إن الصين تفتقر إلى العلماء الموهوبين؛ للاستفادة من الفرص التي توفرها الأبحاث المجراة على الحيوانات. ولذا.. يأمل منظمو مراكز الرئيسيات الجديدة في الصين في استقطاب العلماء الأجانب لمناصب دائمة، أو للتعاون. وحتى الآن، كان أغلب الذين ينتقلون إلى الصين إما صينيين، أو أجانب، لهم ارتباط سابق بالدولة، بينما يُظْهِر آخرون اهتمامًا، كما يقول عالِم الأعصاب جووبينج فينج، الذي يعمل كذلك في معهد مكجفرن. وقد قام مركز شينزين لأبحاث الرئيسيات بالفعل بتعيين باحثين من أوروبا والولايات المتحدة. يقول ديسيمونيه إنه سيصبح «قاعدة تكنولوجية مفتوحة.. أيّ شخص يرغب في إجراء بحوث على القردة يستطيع أن يأتي هنا».

القردة المُعَدَّلة

على الأرجح، سيؤدي الانتشار السريع لأداتي التحرير الجيني «كاسبر/كاس9»، والتاليتات (TALENs) إلى تسريع الطلب على أبحاث القردة، إذ تُحَوِّل تلك الأدوات عملية التعديل الجيني للقردة من مهمة مضنية ومكلفة إلى مهمة سريعة نسبيًّا ومباشرة. وبخلاف الفئران المهندَسة، التي يمكن تربيتها وإرسالها حول العالم، «من الصعب إرسال القردة؛ ولذا.. سيكون من الأسهل أن يذهب الباحث الرئيس أو باحث ما بعد الدكتوراة إلى هناك»، حسب قول ترو.

تشتد المنافسة.. بينما يتسابق الباحثون لقطف الثمار الدانية، من خلال عمليات هندسة الجينات ذات الأدوار الراسخة في الأمراض البشرية والتطور. وكل التقارير تقريبًا المتعلقة بالقردة المعدلة جينيًّا بهذه الأساليب قد أتت من الصين. ويتوقع ديسيمونيه أن السعي للوصول إلى نماذج أمراض في القردة «قد يقدم للصين الفرصة لاحتلال مكانة مميزة في مجال علم الأعصاب».

تمتلئ أقفاص مركز جي بقردة من نتاج التحرير الجيني. فقد خضعت مجموعة من الحيوانات لعملية هندسة وراثية؛ تركت فيها طفرة في جين *MECP2* الذي تم اكتشافه كمسؤول عن ظهور متلازمة «ريت» في البشر، وهو أحد اضطرابات طيف التوحد. يجلس أحد الحيوانات ساكنًا شاردًا، متشبثًا بقضبان القفص، بينما تجوب أخته التوأم الطبيعية المكان من حوله. وفي قفص آخر، يقوم قرد لديه الطفرة ومضخات موصلة بذراعه بمحاكاة الحركات المتكررة والمميِّزة للمرض، والبعض الآخر يمص إصبعه بلا توقف. يقول جي: «لم أشاهد ذلك في أي قرد من قبل؛ ولا بهذه الاستمرارية».

ومن ضمن نماذج الأمراض الأخرى في مركز جي.. نموذج قردة مصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية، وهو نموذج يعمل عليه جي بالتعاون مع معهد كارولينسكا. وفي العام الماضي، عمل جي على استيلاد أول قردة هجينة في العام باستخدام خلايا جذعية جنينية[4]، وهو سبق علمي قد يسهل من عملية إنتاج الحيوانات المعدلة وراثيًّا بشكل كبير. أما السؤال الذي يطرح نفسه الآن، فهو: هل ستساعد هذه القردة المعدلة جينيًّا في تحسين فهْم وظيفة العقل البشري وخلل وظائفه؟ يقول جي: «لا يمكنك استبعاد جين، وتعتقد أنك ستحصل على نمط ظاهري يشبه النمط الذي يظهر في البشر».

ويرى الباحثون في الأمر فرصة، ليس فقط لفهم الأمراض، بل لفهم تطوُّر البشر أيضًا. فمن جانبه، يتعاون سو بينج ـ عالِم الوراثة في معهد كونمينج لعلم الحيوان ـ مع جي لهندسة قردة تحمل النسخة البشرية من جين يسمى *SRGAP2*، يُعتقد أنه المسؤول عن إكساب العقل البشري قوة معالجة، من خلال السماح بنمو الارتباطات بين الخلايا العصبية. ويخطط سو أيضًا لاستخدام «كريسبر/كاس9» لإدخال نسخ بشرية من جين *MCPH1* المرتبط بحجم المخ، وجين *FOXP2* البشري الذي يعتقد أنه يمنح البشر القدرة الفريدة على اكتساب اللغات، إلى جينات القردة. وعن ذلك.. يقول سو: «لا أعتقد أن القرد سيبدأ الكلام فجأة، لكن قد يحدث بعض التغيير السلوكي».

انقسام عالمي

برغم أن هناك فرصًا عظيمة، لا تزال هناك عقبات أمام العلماء الذين يختارون إجراء بحوث الحيوانات في الصين. وقد يكون الوجود في مكانين مختلفين أمرًا صعبًا، كما يقول جريجوار كورتين - باحث في إصابات الحبل الشوكي، مستقر في المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في لوزان، ويسافر شهريًّا تقريبًا إلى الصين؛ لمتابعة أبحاثه على القردة في «موتاك». وقد سافر إلى بكين أيضًا؛ ليجري عدة عمليات هناك على قردة تجارب، وعاد في الليلة نفسها.. وهو يقول: «عمري 40 عامًا، ولديَّ طاقة، لكن الأمر يتطلب إرادة حقيقية».

وحسب قول لي، فإن أحد العيوب الأخرى هو أنه يمكن للسياسات في الصين أن تطرأ عليها تغيرات مفاجئة. ويضيف لي، الذي ظل محتفظًا بمنصبه في جامعة إيموري: «هناك شكوك.. ويجعلنا ذلك نتردد في قبول الالتزامات طويلة المدى». كما تحذِّر ديبورا كاو - الباحثة في القانون في جامعة جريفيث في بريسبين بأستراليا، التي نشرت كتابًا العام الماضي حول استخدام الحيوانات في الصين[5] ـ من تقلُّص الحصانة التي يتمتع بها العلماء الذين يُجْرُون أبحاثًا على الرئيسيات في الصين من فاعليات الدفاع عن حقوق الحيوان. فالناس الآن يستخدمون ـ حسب قول كاو ـ مواقع التواصل الاجتماعي الصينية في التعبير عن غضبهم من إساءة معاملة الحيوانات.

وتشهد الصين أيضًا تنافسًا في محاولاتها للهيمنة على أبحاث الرئيسيات. فقد أطلقت اليابان مشروع الدماغ الخاص بها، بتركيز على قردة المارموسيت كنموذج، إذ ينضج هذا النوع جنسيًّا خلال عام ونصف العام، وهي فترة أقل من نصف الفترة التي يستغرقها قرد المكاك. وتقوم الآن مراكز بحثية في الصين بإنشاء مستعمرات لهذا النوع من القردة، غير أن اليابان تسبقها بعدة سنوات.

ويرغب بعض الباحثين في استمرار هذه الجهود خارج آسيا، إذ يقول كورتين إنه «يحارب» للحفاظ على استمرار برنامج لأبحاث القردة، يديره هو في فريبورج بسويسرا، إذ يؤمن بأهمية تقسيم العمل. ويضيف قائلًا: «الأبحاث التي تتطلب التركيز على الكَمّ سأفعلها في الصين، أما الأبحاث التي تتطلب عملًا متقدمًا ومعقدًا؛ فأريد أن أنفِّذها في فريبورج».

وبينما يجلس جي في مركز الرئيسيات الخاص به في يونان، يحرص على التأكد من أن هذه الأبحاث قائمة بالفعل. وحلمه ـ كما يقول ـ هو «أن يكون لديه حيوان يُستخدم كأداة» لاستكشافات الطب الحيوي. وهو يعلم أن هناك منافسة شرسة في هذا المجال، خاصة في الصين؛ لكنه يتحلى بالثقة قائلًا: «المجال واسع، وهناك العديد والعديد من المشروعات التي يمكننا تنفيذها». ■

ديفيد سيرانوسكي يكتب لصالح دورية *Nature* من مدينة شنجهاي، الصين.

1. Yang, S.-H. *et al. Nature* **453,** 921–924 (2008).
2. Chen, Y. *et al. Hum. Mol. Genet.* **24,** 3764–3774 (2015).
3. Niu, Y. *et al. Hum. Mol. Genet.* **24,** 2308–2317 (2014).
4. Chen, Y. *et al. Cell Stem Cell* **17,** 116–124 (2015).
5. Cao, D. *Animals in China: Law and Society* (Palgrave, 2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تستطيع خلايا الأورام أن تصبح مقاومة لأدوية العلاج الكيميائي، مثل «أوكساليبلاتين». و(الصورة من عينة ميكروسكوبية)

السرطان.. خطر متطور

تخضع الأورام لقواعد الانتخاب الطبيعي، شأنها شأن أي كائن حي. ويحاول الأطباء حاليًّا الاستفادة من هذه الحقيقة في علاج السرطان.

كاساندرا ويليارد

قبل نحو ستة أعوام، واجه ألبرتو بارديلي معضلة علمية. فقد كان كعالِم متخصص في أبحاث بيولوجيا السرطان في جامعة تيورين بإيطاليا، يدرس العلاجات الموجَّهة، وهي أدوية مصمَّمة للتعامل مع الطفرات الوراثية المسؤولة عن نمو الأورام. بدت تلك الاستراتيجية واعدة، وبدأ بعض المرضى يتعافون بسرعة مذهلة، ولكن في النهاية، وكما هو معتاد، بدأت الأورام تطوِّر مناعة ضد الأدوية، وشاهد بارديلي مرضاه ينتكسون، الواحد تلو الآخر. يقول عن ذلك: «وصلتُ إلى طريق مسدود»، ولكنه أدرك أن المشكلة لا تكمن في طفرات بعينها، بل في عملية التطور ذاتها. يقول: «للأسف الشديد، نحن نواجه واحدة من أشرس القوى على ظهر الكوكب».

لقد أدرك الباحثون منذ وقت طويل أن الأورام تتطور. ومع نموها، تنشأ الطفرات، وتظهر مجموعات الخلايا المختلفة جينيًّا، وتصمد الخلايا المقاوِمة للعلاج، وتتكاثر. ويبدو أن الورم يتكيف مع أي دواء يستخدمه الأطباء، مهما كان نوعه. ولطالما وجد العلماء صعوبة في عكس خطوات عملية التكيف هذه، لأن تطور السرطان داخل الجسم يستغرق وقتًا يمتد إلى سنوات. يقول تشارلز سوانتن، الباحث في مجال السرطان في معهد فرانسيس كريك في لندن: «لقد اعتدنا أن نخبر المرضى بأن السرطانات تتطور

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

على الطريقة الداروينية، لكننا لم نملك القدر الكافي من الأدلة؛ لنبرهن على ذلك بصورة رسمية».

ويوشك هذا الوضع أن يتبدل، فقد تمكَّن العلماء - بفضل التقدم الذي شهدته تقنيات التسلسل الجيني، وبناء قاعدة ضخمة من البيانات والعينات الإكلينيكية - من تكوين صورة أوضح للطريقة التي تتطور بها الأورام السرطانية؛ ليكشفوا عن أسباب مقاومتها للأدوية، وصولًا ـ في بعض الحالات ـ إلى اكتشاف كيفية إبطال هذه المقاومة. ويأمل علماء الأحياء الاستفادة من هذه المعلومات، مسلحين بترسانة ضخمة من العلاجات.

يقول بارديلي: «لا تتوقف الأورام السرطانية عن التكيف، ولذلك.. علينا أن نتكيف بالمثل». ووفقًا لهذا الاقتناع؛ وجَّه مختبره في العام الماضي نحو التركيز على دراسة تطور السرطان. ونجح فريقه في بناء نموذج[1] يحاكي استجابة سرطان كل من القولون، والمستقيم للعلاجات الموجَّهة التي تقدَّم في صورة أدوية مركَّبة، مما قد يسهم في اكتشاف طرق لإبطال مقاومة خلايا الأورام للدواء. يقول بارديلي: «لدينا الآن بيانات مدهشة حول إمكانية تتبُّع ووقف نمو الأورام».

شجرة الحياة

تحتضن خلايا السرطان عددًا هائلًا من الطفرات. ففي عام 2012، عندما قام سوانتن وزملاؤه بتحليل تسلسل عدة عينات مأخوذة من شخصين مصابين بسرطان الكلى، وجدوا أن العينات لا تتماثل أبدًا، حتى في الشخص نفسه[2]. ولم يفحص الفريق الورم الأساسي فقط، بل الأورام الثانوية التي تُسمَّى «النقائل» metastases، والتي تنتشر في أجزاء أخرى من جسم المريض. ووجد الفريق في كل من الشخصين أكثر من 100 طفرة في عينات الأورام المتنوعة التي تم تحليلها، ولم يظهر في العينات كلها إلا نحو ثلث هذه الطفرات فقط.

ويمكن رسم خريطة بالعلاقة بين الخلايا السرطانية المختلفة المأخوذة من شخص واحد بالطريقة نفسها التي يرسم بها علماء الأحياء التطورية العلاقة بين الأجناس والأنواع المختلفة؛ أي برسم شجرة تطور السلالات، ورسم أفرعها التي تتبع النسائل؛ وصولًا إلى جد مشترك. ويُلاحظ أن كل خلايا الأورام تشترك في الطفرات التي تحدث في الخلايا الخبيثة الأولى (أي تلك الطفرات التي توجد في جذع شجرة التطور)، أما التطورات التي تنشأ لاحقًا، فلا توجد سوى في فروع الشجرة. وللقضاء على الورم، يقول سوانتن إنه لا بد من مهاجمة الطفرات الرئيسة.

وتوجد بالفعل علاجات تستهدف الطفرات الرئيسة، وهي غالبًا ما تحقِّق نتائج رائعة في البداية، ثم تتطور المقاومة، كما حدث مع بارديلي. يقول سوانتن: «لقد انشغلنا كثيرًا بفكرة أنه «كلما أصبح الورم صغيرًا؛ كان ذلك أفضل»، لكن الشيء الذي لا نفكر فيه هو الشيء الذي نغفله، إذ نغفل في الغالب النسائل المُقاوِمة التي لا يمكننا علاجها»، ولكنه يفكر في أنه باستهداف عدة طفرات رئيسة في الوقت نفسه، قد تتعزز فرص الباحثين في القضاء على السرطان، لكنها تظل فرصًا ضعيفة، فقد تنجو خلية سرطانية واحدة من هجوم ثنائي أو ثلاثي المحاور.

تتمثل إحدى وسائل هذا الاستهداف في استخدام مزيج من العلاجات الموجَّهة. يقول بيرت فوجلشتاين، المتخصص في مجال وراثة السرطان في مركز سيدني كيميل الشامل للسرطان بجامعة جونز هوبكنز في بالتيمور بولاية ميريلاند: «نظريًّا، قد ينجح ذلك»، بل إنه عندما تعاوَن مع عالِم الأحياء التطورية مارتن نوفاك في جامعة هارفارد في كمبريدج بولاية ماساتشوستس في وضع نموذج لهذه الاستراتيجية، اكتشف أن استخدام دواءين مُوَجَّهين لا يواجهان آلية مقاوَمة مشتركة، قد يكون كافيًا للسيطرة على النقائل[3]. واقترح النموذج استخدام مزيج من ثلاثة علاجات في حالة المرضى المصابين بعدد كبير من النقائل.

بدأ الباحثون بالفعل يختبرون إكلينيكيًّا مركَّبات من العلاجات الموجَّهة. ويشير سوانتن إلى أنه ليست هناك أدوية موجَّهة للغالبية العظمى من الطفرات. وقد ثبت أنه من الصعب الجمع بين الأدوية على نحو لا يؤذي المريض. ولهذا.. يركِّز سوانتن على العلاجات المناعية، وهي استراتيجية لمساعدة المناعة على التعرف على الخلايا السرطانية؛ وتدميرها.

> «لا تتوقف الأورام السرطانية عن التكيف، ولذلك.. علينا أن نتكيف بالمثل».

يتعرف نظام المناعة على التهديدات ـ جزئيًّا ـ من خلال مسح أسطح الخلايا؛ بحثًا عن جزيئات تُسمى «المستضدات»، التي تدل على وجود مشكلة، لكن أحيانًا تشفِّر العيوب الوراثية في الحمض النووي للخلية السرطانية المستضدات المحفزة للاستجابة المناعية. ويدرس سوانتن وزملاؤه ما إذا كان هناك فرق بين استجابة نظام المناعة للمستضدات الناشئة عن الخلايا السرطانية الرئيسة، واستجابته لتلك الناشئة عن الفرعية.

في ورقة بحثية نُشرت في مارس الماضي[4]، فحص سوانتن وزملاؤه عيِّنات من مشروع «أطلس جينوم السرطان»، وهو مشروع يضم مجموعة من البيانات الوراثية والإكلينيكية المأخوذة من آلاف المرضى المصابين بالسرطان، واكتشفوا أن المصابين بسرطان الرئة، الذين كان لديهم الكثير من المستضدات الرئيسة ـ مع نسبة مرتفعة من المستضدات الرئيسة، مقارنةً بالمستضدات الفرعية ـ عاشوا أطول من الذين كان لديهم عدد أقل من المستضدات الرئيسة، أو نسبة أعلى من المستضدات الفرعية. ليس هذا فحسب، فقد بدا أن المرضى الذين لديهم العديد من المستضدات الرئيسة يستجيبون بصورة أفضل للعلاجات المناعية. وكان ذلك منطقيًّا، حسبما يقول سوانتن، لأنه إذا استهدف نظام المناعة المستضدات الرئيسة؛ فسيصيب غالبية الخلايا السرطانية، ولن يكتفي بعملية «تقليم بعض الفروع».

لا تزال الأبحاث في مهدها، ويرأس سوانتن حاليًّا دراسة إكلينيكية قد تساعد في تأكيد نتائجه. تُدعى الدراسة «تتبُّع تطور السرطان خلال العلاج» TRACERx، وهي تتابع 850 شخصًا مصابًا بسرطان الرئة عبر مراحل العلاج، وفي بعض الحالات.. حتى حدوث الوفاة، وتسعى إلى توثيق التغيرات الجينية في أورامهم السرطانية بمرور الوقت؛ لفحص كيفية نمو سرطان الرئة، ومدى تأثير العلاج على عملية النمو هذه.

ويأمل سوانتن ـ بعد اكتمال جمع البيانات ـ أن يجمع المال الكافي؛ لاختبار استراتيجيات العلاج التي تعتمد على التطور. وتتمثل إحدى هذه الاستراتيجيات في تحديد خلايا المناعة في الورم، ثم إنمائها في المختبر، ثم إعادتها مرة أخرى إلى المريض، وهي تقنية تُعرف باسم «زرع الخلايا المُتَبَنَّاة» adoptive cell transfer. وتختار بعض الاستراتيجيات المماثلة المستخدمة بالفعل خلايا المناعة التي تتعرف على أي مستضدات للسرطان، ولكن فريق سوانتن يفضِّل اختيار تلك المؤهلة للتعرف على مستضدات الأورام الرئيسة التي تحدث في كل الخلايا السرطانية.

لن تكون تكلفة هذه الاستراتيجية هيِّنة، ولكن لن يكون من الهين أيضًا تقديم سلسلة من العلاجات الموجَّهة، ثم مشاهدتها تفشل جميعها في النهاية. وكما يقول سوانتن: «تكلف كل حصة علاجية ما بين 10 آلاف دولار، و100 ألف دولار أمريكي». وإذا استطاع الباحثون تطوير علاج النقائل؛ «ستتغير معادلة التكلفة والفائدة بالكامل، وستشهد النماذج الاقتصادية تغيرًا جوهريًّا»، حسب قول سوانتن.

تنافس خلوي

قد يساعد تطبيق المبادئ التطورية نظامَ المناعة في التغلب على الأورام، لكن روبرت جاتنبي ـ خبير الأورام الجزيئية في مركز موفيت للسرطان في تامبا بولاية فلوريدا ـ كان لديه هدف أكثر تواضعًا، فهو يأمل أن يساعد الناس على التعايش مع المرض. بدأ جاتنبي يفكر في السرطان باعتباره مشكلة تطورية، وذلك في أوائل التسعينات، عندما كان يعمل في مركز «فوكس تشيس» للسرطان في فيلادلفيا بولاية بنسلفانيا. لقد شاهد انهيار العديد من المرضى أمام السرطان، الذي بدا له أقرب إلى السحر الأسود منه إلى المرض العضوي. يقول: «إنه أشبه بكائن شرير، لا ينفك يعاود الظهور، ويبدِّد الجهود المضنية التي بذلتها»، ولكنه يرى أنه عندما بدأ يفكر في السرطان من منظور تطوُّري، أصبحت المشكلة قابلة للحل.

بدأ جاتنبي محاولة نمذجة المرض رياضيًّا؛ لاكتشاف أفضل الطرق للتعامل معه. وكشفت نماذجه عن أن غالبية المتخصصين في علم الأورام يسلكون النهج الخاطئ. في المعتاد، يوصي الأطباء بأقصى جرعة من العلاج الكيميائي يستطيع أن يتحملها المريض؛ لقتل أكبر عدد ممكن من الخلايا السرطانية، على أمل القضاء على السرطان قبل اكتسابه مقاوَمة للعلاج.

أمّا الدراسات التي أجريت في السنوات الأخيرة، فقد كشفت أن الأورام السرطانية تحتوي على خلايا مقاوِمة للأدوية، حتى قبل التعرض للعلاج بفترة طويلة[5-7]. ويظل عدد هذه الخلايا المقاوِمة قليلًا، لأن المقاوَمة ترتبط بالقدرة على البقاء. وعندما يحصل المريض على جرعة كثيفة من العلاج الكيميائي؛ تزداد الخلايا المقاوِمة قوةً، مقارنةً بالخلايا الحساسة. ويُشبِّه جاتنبي مقاوَمة الأدوية بالمظلة قائلًا: «حينما تمطر السماء، تكون المظلة مفيدة. وحينما لا تمطر، تتحول المظلة إلى عبء». ويرى جاتنبي أنه يستطيع استغلال المنافسة الطبيعية بين الخلايا الحساسة والخلايا المقاوِمة، من خلال التحكم ـ بعناية أكبر ـ في جرعة الأدوية، أو توقيتها.

اختبر جاتنبي مؤخرًا هذا الأسلوب الجديد مع فئران مصابة بنوعين من سرطان الثدي[8]، فعندما كان وزملاؤه يعطون الفئران الحد الأقصى من الجرعة القياسية المسموح بها من العلاج الكيميائي «باكليتاكسيل» paclitaxel، كانت الأورام تعاود النمو مرة أخرى فور وقف العلاج. وجَرَّب الفريقُ إغفالَ بعض الجرعات، عندما يبدأ الورم في الانكماش، غير أن ذلك لم يُجدِ أيضًا. وحصلت مجموعة ثالثة من الفئران على الجرعة القياسية العالية من العلاج الكيميائي في البداية، ولكن عندما

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بدأت الأورام تنكمش؛ بدأ الباحثون يُنْقِصون الجرعة تدريجيًّا. ونجحت هذه الاستراتيجية في تحقيق أفضل نسبة شفاء بين الفئران، وأتاحت لثلاثة من الفئران الخمسة الاستغناء التام عن الدواء. يهدف العلاج إلى التعامل مع الكيفية التي تستجيب بها الأورام، وإلى الحفاظ على التوازن بين الخلايا الحساسة والخلايا المقاوِمة للأدوية (انظر: استراتيجيات تطورية). يقول كارلو مالي، عالِم الأحياء في جامعة ولاية أريزونا في تيمبا، الذي تعاون مع جاتنبي: «أعتقد أن النتائج التي توصَّل إليها جاتنبي من أهم الاكتشافات في مجال فهْم الطبيعة الحيوية للسرطان، لسهولة تجربتها نسبيًّا».

في مايو 2015، أطلق مركز موفيت للسرطان دراسة استطلاعية، لاختبار ما إذا كان هذا المنهج التكيفي في العلاج سيساعد المصابين بسرطان البروستاتا، حيث سيراقب الأطباء مستويات مستضد معين في البروستاتا (PSA)، يمثل مؤشرًا على تطور المرض. بعد ذلك.. سيقدمون للمرضى العلاج القياسي، أو يُوقِفُونه بناءً على ما يرونه. وقد درس الباحثون العلاج المتقطع في الماضي، ولكن البروتوكولات كانت تقتضي عامةً دورات علاج شديدة الصرامة. يقول جاتنبي: «تتحدد دورة بدء ووقف العلاج في العلاج التكيفي بناءً على استجابة الورم». ويخطِّط جاتنبي أيضًا للاستفادة من ثراء البيانات الجزيئية والإكلينيكية، التي سيتحصَّل عليها من التجربة؛ لتطوير نماذج حاسوبية تقود العلاج التكيفي في المستقبل.

المفارقة

لاحظ الأطباء مفارَقات تطورية أخرى تحدث مع مرضى السرطان. ففي يناير الماضي، وصف جيفري إنجيلمان، الباحث في الأورام الصدرية في مستشفى ماساتشوستس العام في بوسطن، وزملاؤه في دورية «ذا نيو إنجلاند جورنال أوف مِديسين»[9] حالة امرأة عمرها 52 عامًا، مصابة بسرطان رئوي نقيلي. ونتج عن الورم إعادة ترتيب جيني أدَّى إلى إنتاج نسخة مشوهة من بروتين ALK. ولهذا السبب.. أعطاها الأطباء دواء «كريزوتينيب» crizotinib، الذي أوقف عمل بروتين ALK. وكانت استجابة السيدة جيدة لمدة 18 شهرًا، ولكنها انتكست بعد ذلك. وفشل الجيل الثاني من العلاج أيضًا، ولهذا.. انتقل الأطباء إلى الجيل الثالث، الذي لا يزال قيد التجريب الإكلينيكي. وقد نجح ذلك لفترة وجيزة، ولكن بعد أقل من عام، بدأ كبد المرأة يتدهور؛ مما تَطلَّب احتجازها في المستشفى. واكتشف الأطباء بعد ذلك أن المرحلة الثالثة من العلاج أدَّت إلى حدوث طفرة جديدة، جعلت السرطان يستجيب مرة أخرى للدواء الأول، وعندما بدأت في تناوُله؛ تعافَى كبدها، وتحسنت صحتها كثيرًا، حتى إنها استطاعت مغادرة المستشفى.

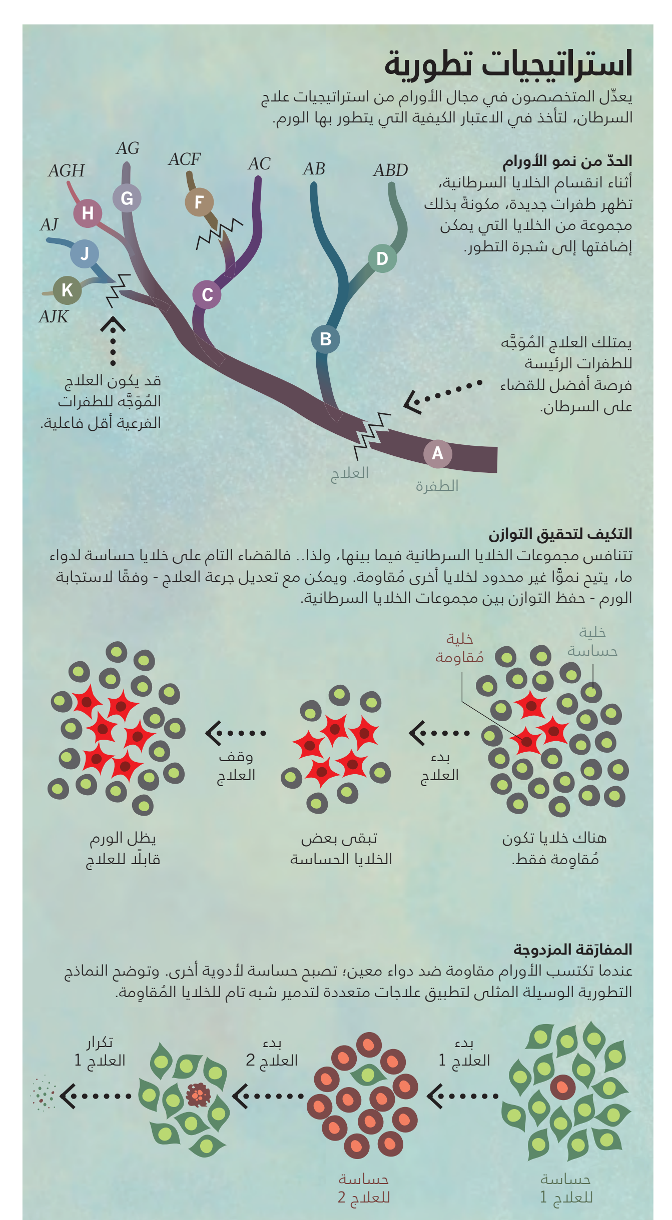
وبالنسبة إلى إنجيلمان وزملائه، كانت استجابة المرأة للدواء من جديد مفاجأة سعيدة. وقد ينجح الباحثون في توجيه السرطان بشكل مقصود عبر مثل هذه المسارات. يُطْلِق جاتنبي على هذه الاستراتيجية اسم «المفارقة التطورية المزدوجة» evolutionary double bind، التي يشرحها كالتالي: تخيَّل أنك تحاول الحَدّ من انتشار مجموعة من الفئران باستخدام طيور جارحة، مثل الصقور التي يمكنها أن تقتنصها من السماء. هذا النوع من الاقتناص سيتيح النجاة للقوارض المختبئة تحت الأغصان. وحينها، ربما يفكر البعض في إحضار ثعابين تختبئ أيضًا تحت الأغصان، وذلك سيؤدي بدوره إلى نجاة القوارض التي تفضِّل المساحات المفتوحة، مما يجعلها معرَّضة للصقور. ويمكن تطبيق الفكرة نفسها على السرطان. استخدِم علاجًا يجعل السرطان ضعيفًا أمام علاج آخر، ثم بادِل بين العلاجين. يقول جاتنبي: «الأمر بعيد تمامًا عن استراتيجية الضربة القاضية، وأشبه ما يكون بطريقة مدروسة جيدًا، تَستثمِر الآليات التطورية».

ويحاول بِن سولومون ـ الباحث في السرطان في مركز بيتر ماكالوم للسرطان في ميلبورن، أستراليا ـ اختبار هذه الاستراتيجية نفسها في تجربة جديدة. يتعرَّض كثيرٌ من المصابين بسرطان الرئة لطفرات في جين *EGFR*، وقد تم اعتماد العديد من الأدوية لاستهداف طفراته، ولكن الأورام تكتسب مقاومة لكل هذه الأدوية بلا استثناء. وفي نصف المرضى، تحدث هذه المقاوَمة بسبب حدوث طفرة في جين *EGFR*، تُسمى T790M. وفي العام الماضي، اعتمدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية «FDA» دواءً مُوَجَّهًا، يُسمى «أوسِمِرتينيب» osimertinib، يثبط طفرات جين *EGFR* القياسية، بالإضافة إلى طفرة T790M، ولكن المرضى الذين يستجيبون لهذا الدواء ينتكسون خلال سنة.

ويخطِّط سولومون وزملاؤه لبدء علاج المشاركِين في التجربة باستخدام «أوسِمِرتينيب»، ثم مراقبة المقاومة من خلال تتبُّع الحمض النووي للورم الساري في دماء المرضى. ويتوقع الباحثون رؤية انخفاض في طفرة T790M. وعندما يحدث ذلك؛ سينتقلون إلى علاج مُوَجَّه إلى جين *EGFR* من الجيل الأول، لا يستهدف T790M. وعندما ترتفع مستويات طفرة T790M؛ سيعودون إلى استخدام «أوسِمِرتينيب» من جديد. يقول سولومون، الذي يأمل في الحصول على الموافقة النهائية على إجراء هذه التجربة قريبًا: «إننا نفترض أن يؤدي ذلك إلى إبطاء ظهور المقاوَمة لدواء أوسِمِرتينيب، لأننا نخفِّف من ضغط الانتخاب».

ليست هناك ضمانات لنجاح أيٍّ من هذه الاستراتيجيات، ولكنْ حتى عندما تفشل التجارب، نجد أنّ النتائج تساعد الباحثين على إعادة النظر في نظرياتهم، واستكشاف بعض الجوانب المهمة المجهولة. إذًا، كيف تتفاعل الخلايا السرطانية المتنوعة جينيًّا ـ على سبيل المثال ـ وما هو دور الوسط الجزيئي للورم في ذلك التفاعل؟ ترى كورنيليا بولياك ـ الباحثة في الأورام في كلية هارفارد للطب في بوسطن ـ أن الباحثين المتخصصين في السرطان يميلون إلى التركيز على الطفرات داخل الخلايا، لكنهم يتجاهلون تأثير الخلايا الطافرة على ما حولها من خلايا. تقول: «إنه جانبٌ غير مستكشَف على الإطلاق».

تُعَدُّ التفاعلات داخل الأورام معقدة للغاية، لكنّ ذلك لا يُضْعِف حماس إنجيلمان، وستساعد التجارب الإكلينيكية الباحثين على فك طلاسم هذا التعقيد. يقول إنجيلمان: «تجعلنا هذه الاكتشافات أقرب فأقرب إلى تحقيق إنجازات أكبر فأكبر، لكن الأمر الداعي إلى الإحباط حقًّا هو عدم معرفة حقيقة ما يحدث الآن». ■



كاساندرا ويليارد كاتبة علمية، تعيش في ماديسون بولاية ويسكونسن.

1. Misale, S. *et al. Nature Commun.* **6,** 8305 (2015).
2. Gerlinger, M. *et al. N. Engl. J. Med.* **366,** 883–892 (2012).
3. Bozic, I. *et al. eLife* **2,** e00747 (2013).
4. McGranahan, N. *et al. Science* **351,** 1463–1469 (2016).
5. Turke, A. B. *et al. Cancer Cell* **17,** 77–88 (2010).
6. Bhang, H. C. *et al. Nature Med.* **21,** 440–448 (2015).
7. Su, K. Y. *et al. J. Clin. Oncol.* **30,** 433–440 (2012).
8. Enriquez-Navas, P. M. *et al. Sci. Transl. Med.* **8,** 327ra24 (2016).
9. Shaw, A. T. *et al. N. Engl. J. Med.* **374,** 54–61 (2016).

تعليقات

VOLKER STEGER/SPL

تجربة للتشابك الكَمِّي في جامعة فيينّا في النمسا.

تعاونوا من أجل بناء شبكة إنترنت كَمِّيَّة

إن الاستثمار في تقنيّات هجينة من شأنه أن يثمر عن تطورات في مجال الاتصالات الكميّة، وذلك حسب قول **ستيفانو بيراندولا**، و**ساموويل إل. براونشتاين**.

منذ حوالي 25 سنة، اكتشف الفيزيائيون طريقة لنقل نظام كَمِّي بشكل نظري من مكان إلى آخر، دون تحريكه فعليًّا[1]، لكنْ لهذا النوع من الانتقال الآني حدود فيزيائية، إذ لا يمكن نقل أي شيء بسرعة تفوق سرعة الضوء؛ كما أن مبدأ الارتياب الخاص بهايزنبيرج يحدّ مما يمكننا معرفته عن حالة أي نظام كمّي في وقت ما. ورغم ذلك.. فإن النظام المنقول هو نسخة مُطابِقة تُحاكي النظام الأصلي بدقة، بفضل التشابك؛ وهو السمة الأغرب في ميكانيكا الكَمّ، التي سَمَّاها ألبرت أينشتاين «تأثير شبحي عن بعد». وتُمكِّن تلك السمة أنظمة كميّة مُختلفة مِن أنْ تترابط ترابُطًا وثيقًا، بحيث إنّ أي شيء يحدث لإحداها يكون له تأثير على الأخرى، حتى بالنسبة إلى النظم ◄

المتباعدة جدًّا، التي لا يمكن أن تتفاعل فيزيائيًّا مع بعضها البعض.

إن الحالات الكمّية هشّة، ولا يمكن إرسالها عبر خطوط الاتصال التقليديّة؛ أما الانتقال الآنِيّ الكَمِّي، فهو يقدِّم طريقة فعّالة يمكن الاعتماد عليها لنقل المعلومات الكمّية عبر شبكة اتصال، كما أنه يقدم الآليّة الواعدة أكثر لوجود شبكة إنترنت كمّية في المستقبل، مع وسائل اتصال آمنة، وقدرة حاسوبية موزّعة، تتجاوز إلى حدّ كبير تلك التي تقوم عليها شبكة الإنترنت التقليدية.

وتتنوع أشكال المعلومات الكمّية، ما بين حالة استقطاب فوتون، أو مغزلية إلكترون، أو إثارة ذرّة. وبرغم أنه قد تم تطوير تقنيات عديدة لنقل مثل هذه الحالات بشكلٍ آنِيّ[2]، إلا أن هناك قيودًا عمليّة على ماهية الأشياء التي يمكن نقلها بهذه الطريقة، وكيفية فعل ذلك. وبرغم أن هناك تقنيّات ستكون أفضل من غيرها لإتمام مهام محدَّدة، إلا أن لكلٍ منها قيودًا. فقد استُخدمت الفوتونات المستقطبة لنقل المعلومات الكمّية عبر مسافة تتخطى 100 كيلومتر[3]، لكن اعتمد ذلك على الاحتمال فقط. وإذ يُمكِن للأجهزة التوصيل الفائق أن تُرسِل معلومات عبر شريحة إلكترونية دون خسائر، إلا أنها تستمر لمدة جزء من الثانية فقط، تختلط بعدها المعلومات عن طريق تفاعلات مع البيئة المُحيطة.

ومن ثم، قد تتغلّب الأساليب الهجينة على تلك القيود، وسيحتاج حاسوب أو شبكة إنترنت كمّية عالمية موزّعة إلى دمج أنواع مختلفة من التقنيّات الكمّية، فعلى سبيل المثال.. سيحتاج الانتقال الآنِيّ المعتمِد على الضوء ـ من أجل الاتصالات الكمّية عن بُعد ـ أن يتم ربطه بالذاكرات والحواسيب الكمّية المعتمدة على المادة، من أجل تخزين ومُعالجة البيانات. ومن ثم، نقدّم هنا ملخصًا للتحدّيات الرئيسة، وندعو الباحثين إلى التركيز على واجهات الوصل بين التقنيّات الكمّية، إلى جانب تطوير الأساليب المنفردة.

نَهْجان مختلفان

في الوقت الحالي، يُعَدّ الانتقال الآنِيّ للمعلومات الكمّية المُثبّتة في الضوء المرئي هو الطريقة الأفضل للتواصل عن بُعْد. ويمكن ترميز المعلومات الكمّية ـ التي تُقاس بوحدات تُسمَّى بتّات كمّية، أو «كيوبت» qubits ـ إما باستخدام الخواص المنفصلة لنبضة ضوئية، مثل حالة استقطابها، أو الجوانب المستمرّة الخاصة بالموجة الكهرومغناطيسيّة، مثل الكثافة، وطور المجال الكهربي الخاص بالموجة[4]. ولنقل هذه المعلومات بشكل آنِيّ، يجب على المُرسِل والمُستقبِل أن يقتني كلٌّ منهما واحدًا من زوجي نظام كَمِّيّ متشابِك (انظر: «النقل الكَمِّي الآنِيّ»). وعندما يقوم المرسِل بتعديل حالة النظام الخاص به؛ يتأثر نظام المستقبِل أيضًا.

تؤدي البتّات الكمية المستقطبة الأداء الأفضل من ناحية بُعْد المسافة، إذ تقف عند رقم قياسي يبلغ 143 كيلومترًا[3]، لكن حاليًّا، يمكن نقل 50% فقط من هذه البتّات الكمية بشكل آنِيّ[2]. ويتطلب هذا النوع من النقل أن يستطيع المرسِل إجراء عمليّة تُعرَف بكشف «بيل» Bell، حيث يتم ربط عمليات استقطاب اثنين من البتّات الكمية بشكل مثالي في أربعة أشكال محتمَلة، إلا أنه لا توجد طريقة عمليّة لقياس النتائج الأربع؛ ويُمكن للبصريات وكاشفات الضوء البسيطة أن تميِّز اثنتين منها على الأكثر. كما تضِيف البتّات الكمية الزائدة تعقيدات تقنيّة أيضًا[5].

ومِثل تلك النتائج غير الحاسمة تُعَدّ مقبولة في التشفير الكَمِّي، حيث يتم توليد مفاتيح سريّة بشكلٍ عشوائي، ويمكن التخلص من جزء من المعلومات، إلا أن الاتصالات الكميّة تتطلب إرسال المعلومات كاملة.

يزيد الانتقال الآنِيّ عبر مسافات طويلة[2] من التحدّيات التقنيّة التي يجب مواجهتها، مثل التعويض عن اضطرابات الغلاف الجوي، وحركة الأرض. وعلى الأرجح، سيتطلّب الأمر تقنيّات جديدة ـ لتُزامِن هذين الأمرين ـ باستخدام الساعات الذَّرِّيَّة، على سبيل المثال. وتعتمد الاتصالات النظاميّة الحديثة ـ إلى حد كبير ـ على تقنية الأقمار الاصطناعيّة، فنَقْل معلومات كميّة إلى الأرض من قمر اصطناعي في مدار أرضي منخفض ـ على عُلُوّ يبلغ نحو 500 كيلومتر تقريبًا ـ هو أمر ممكن باستخدام التكنولوجيا المتوفرة حاليًّا، وذلك بفضل المناظير الأرضية ذات الفتحات متريّة الحجم، التي تستطيع جَمْع معظم الضوء من شُعاع ينتشر أثناء مساره من القمر الاصطناعي، إلّا أن نقل معلومات كميّة من الأرض إلى قمر اصطناعي، أو بين أقمار مختلفة، هو أمر أصعب؛ إذ إنّ الأقمار الاصطناعيّة لا يمكنها حمل البصريّات الضخمة.

وبالمقارنة، يسهل قياس كل نتائج كشف «بيل» للأنظمة ذات المتغيِّر المستمر، كالمجالات الكهربية، باستخدام بصريّات خطيّة بسيطة، وكاشفات ضوئية عادية فقط. ويمكن لمثل هذه الأنظمة أن تَنقِل في آنٍ واحد ما يعادِل كمية كبيرة من البتّات الكمية، مما يجعلها ملائمة للاستخدام في الاتصالات الكميّة ذات الوتيرة العالية[6]، لكن بسبب محدودية نطاق المسافات التي يمكن للأنظمة ذات المتغيّر المستمر أن تنتقل عبرها بشكل آنِيّ في الوقت الراهن، فهي تُستخدَم أقل من البتّات الكمية.

لذا.. فمِن الضروري إيجاد طُرُق لدمج السِّمات الأفضل للمتغيّرات المنفصلة ـ الانتقال الآنِيّ عبر مسافات بعيدة ـ مع السمات الخاصة بالمتغيّرات المستمرة (الانتقال الآني السريع والحَتْمِيّ). وقد تم إثبات الانتقال الآنِيّ الذي يَستخدِم مثل هذه المجموعات على مسافات قصيرة. كما دمجت إحدى التجارب[7] «كيوبتًّا» منفصلًا مع مصدر مُتغيّر مستمرّ متشابك، لنقل معلومات كميّة بشكل حتمي. وينبغي لدراسات متزايدة أن تساعِد في مَدّ المسافات المتناوَلة في هذه التجارب، ودمج البتّات الكمية مع أنواع أخرى من التقنيات الكميّة، بما في ذلك الذاكرات الكميّة؛ لتخزين المعلومات المنقولة آنيًّا.

وستتطلّب دراسات التقنيّات الهجينة تلك تعاونًا وتفاعلًا أكبر بين فِرَق بحثيّة ذات تخصصات مختلفة.

شبكة الإنترنت الكَمِّيّة

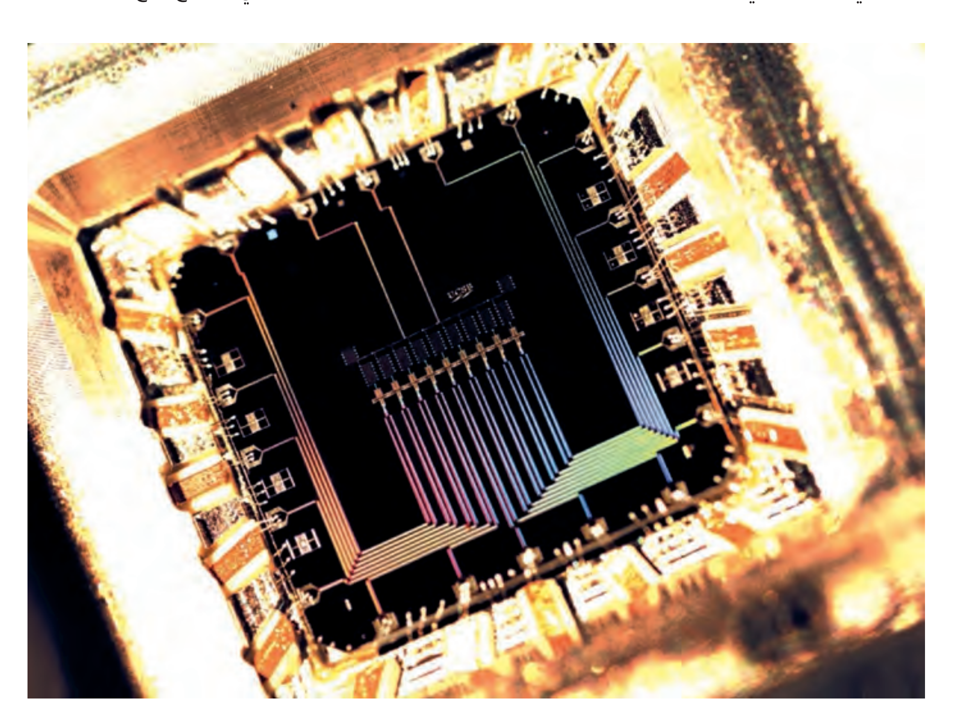
تشكِّل عُقَد التشابك الموجودة في أنحاء شبكة الاتصال أحد أكبر التحديّات التي تقف أمام بناء حاسوب كَمِّيّ موزَّع عالميًّا، أو تطبيق شبكة الإنترنت الكمّية[8]. ويمكن للبتّات الكمية بعد ذلك أن تُنقَل آنيًّا بين أي زوج من العُقَد، وأن تُعالج باستخدام حواسيب كميّة محلِّيّة.

وفي الحالة المثالية، ينبغي على العُقَد أن تتشابك، إما ثُنائيًّا، أو بإنشاء «حالة حشد» ضخمة ومتعددة التشابك، يتم إرسالها لجميع العُقَد. وقد تم بالفعل إنشاء حالات الحشد التي تربط آلاف العُقَد ببعضها داخل المختبر[9]. وتتضمن التحدّيات إثبات كيف يمكن نشرها عبر مسافات طويلة، وكيفيّة تخزين الحالات الكميّة عند العُقَد، وتحديثها باستمرار باستخدام الشفرات الكميّة.

تتطلّب الشبكات الكميّة ذاكرات لتخزين المعلومات الكميّة، لمدة ساعات في الحالة المثالية، مما يحجبها عن التفاعلات غير المرغوبة مع البيئة المحيطة. ومن الضروري وجود تلك الذاكرات من أجل الحوسبة الكميّة عند العُقَد، وكذلك من أجل التوزيع المؤتمن للتشابك عبر مسافات طويلة، من خلال المكرَّرات الكميّة.

وتحتاج الذاكرات الكميّة إلى تحويل الإشعاع الكهرومغناطيسي إلى تغييرات فيزيائيّة في المادة، بدقّة قراءة وكتابة شبه تامة، وبِسعَة عالية. تمثِّل «الأزواج المغزلية» أحد أنواع الذاكرات الكميّة؛ ويمكن للغازات الذريّة فائقة البرودة ـ التي تحتوي على حوالي مليون ذَرَّة روبيديوم ـ أن تحوِّل فوتونًا وحيدًا إلى حالة إثارة ذَرِّيَّة جماعيّة تُعرف باسم موجة مغزلية. كما تقترب أوقات التخزين من 100 مِلِّي ثانية، مطلوبة لإرسال إشارة ضوئية عبر العالَم.

إنَّ الذاكرات الكَمِّيّة الصلبة جذابّة أكثر.. فيُمكن للأزواج المغزلية البلّوريّة الصلبة ـ التي يتم تكوينها من



JULIAN KELLY/MARTINIS GROUP

شريحة كميّة فائقة التوصيل بتسعة بتّات كَمِّيّة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الانتقال الكَمِّي الآنِيّ

يمكن لإشارة ما، مثل حالة استقطاب فوتون، أن تنتقل آنيًّا من مكان إلى آخر باستخدام فوتونات متشابكة وقياسات كَمِّيَّة.
(عادةً ما يُطْلِق الفيزيائيّون على المُرسِل اسم "أليس"، وعلى المستقبِل اسم "بوب").

1 تُشَبِّك "أليس" فوتونين مستقطبين (**أ**، و**ب**) وتُرسل أحدهما إلى "بوب".

2 تدمِج "أليس" الإشارة، الفوتون المُستقطب (**ج**)، من أجل نقلها آنيًّا مع (**أ**).

كاشف ضوئي

3 تُجْرِي "أليس" كشف "بيل" Bell للفوتونين (**أ**، و**ج**) معًا باستخدام البصريّات والكاشفات الضوئية، ثم تقوم بالإفصاح لـ"بوب" عن الناتج المحتمَل.

4 باستخدام المعلومات المقدَّمة من "أليس"، يقوم "بوب" بإجراء عمليّة كميّة على (**ب**)، الذي يُدَوِّر استقطابه لإعادة خلق حالة (**ج**)، أو نقلها آنيًّا.

أ
ب
ج
أليس
بوب

خلال إدخال عيوب شبكيّة تُعرف باسم: مراكز النيتروجين الفارغة» إلى الماسات، أو من خلال تطعيم البلّورات الأرضيّة النادرة ـ أن تبقى مترابطة لساعات في درجات حرارة شديدة البرودة.

إن البتّات الكمية فائقة التوصيل ـ التي تُعرَف بالكميات الفيزيائية، مثل شحنة مُكثِّف ما، أو تدفُّق إحدى أدوات الحث ـ تقوم بالتفاعل في معالِج كَمِّي، عن طريق إصدار وامتصاص فوتونات الموجات الميكروية. ومن أجل عملية دمج ناجحة للذاكرة الكمية الصلبة، تجب إتاحة الفرصة لتخزين قابل للانعكاس للمعلومات الكميّة، واسترجاعها. وسيتطلب ذلك واجهة فعّالة بين فوتونات الموجات الميكروية والمغزليات الذريّة للذاكرة الكميّة الصلبة المرتبط بالمعالج. وإذا تَمَّت بنجاح؛ فستصبح هذه التقنية الهجينة أكثر الهياكل الواعدة، التي يمكن تضخيمها لإنشاء حاسوب كمّي ضخم وموزّع.

إن إشراك معالجات فائقة التوصيل في شبكة الإنترنت الكميّة يتطلّب أيضًا أن يتم توصيل فوتونات الموجات الميكروية المعالَجة والمخزَّنة محليًّا مع الإشارات الضوئية ـ المنقولة غالبًا عبر الألياف ـ وهي الناقلات الأكثر متانة للمعلومات الكميّة على مسافات طويلة. وفي الوقت الحالي، يَبْرُز حَلٌّ هجين يُعرَف بمحوِّل كَمِّي بصري ميكانيكي[10]. تستغل هذه الأجهزة المذبذبات الميكانيكية النانوية ـ مثل المرايا المتأرجحة المجهرية ـ لتحويل الفوتونات الضوئية إلى فوتونات الموجات الميكروية، والعكس، إلا أنه يجب تحسين فعاليّتها؛ لتضمن عدم خسارة البتّات الكمية أثناء عملية التحويل، وأن جميع خواصها الكميّة تظل محفوظة. وتبلغ كفاءة التحويل في الوقت الراهن حوالي 10% (المرجع 10).

ومن ثم، قد تشهد الخمسة عشر سنة القادمة بناء شبكة إنترنت كَمِّيَّة ذات تقنية هجينة. وفي رؤيتنا التي نستعرض ملامحها هنا، سيتم دمج معالجات كمية فائقة التوصيل بالذاكرات الصلبة؛ من أجل تخزين كَمِّي مَحَلِّي، ثم تُعزز بمحوّلات ضوئية للموجات الميكروية؛ من أجل التواصل الضوئي عبر مسافات بعيدة. وبعد إتمام توصيل عقدتين مُتباعدتين بهذه الطريقة، يمكن توزيع التشابك بين معالجات كمية متباعدة؛ لتفعيل الانتقال الآنِيّ.

الخطوات القادمة

لتحويل الرؤية إلى حقيقة، يجب أن تصبح الخطوات الثلاث التالية أولويّة في مجال الانتقال الكمّي الآني:

أولاً، مطلوب إجراء أبحاث أكثر ـ نظرية وتجريبية ـ حول الواجهة الفاصلة بين المتغيرات المنفصلة، وتلك المستمرّة؛ وقد تُساعِد في ذلك.. المؤتمراتُ المتخصِّصة، وهو ما سيتيح لنا دمج تلك الطرق المنفصلة الحالية؛ لاستغلال أفضل ما في كلٍّ منها. ويجب السعي لإجراء تجارب أقمار اصطناعية مع بتّات كمية مُستقطَبة، ومَدّ أفق الانتقال الآنِيّ ذي المتغيّر المستمر لما هو أبعد من المختبر، من أجل التواصل فيما بين المدن باستخدام الفراغ، أو الألياف الضوئية.

> « إنشاء شبكة إنترنت كميّة يحتاج إلى استثمار على نطاق أوسع بكثير».

ثانيًا، ستكون التقنيّات الأكثر نجاحًا هي تلك التي تدمج تواصل البيانات مع تخزينها، إذ نحتاج إلى أنْ نستثمر في تطوير واجهة فاصلة فعالة أكثر بين المعالجات الكميّة فائقة التوصيل، والذاكرات الكَمِّيَّة الصلبة. وقد يُحَسِّن ذلك من أداء تخزين واسترجاع فوتونات الموجات الميكروية. أما الخطوة التالية الملموسة، فقد تكون الانتقال الآنِيّ على شريحة، بين كيوبت فائق التوصيل، ومركز نيتروجين فارغ في ذاكرة كميّة محلية.

ثالثًا، ينبغي الاستثمار في التقنيّات التي تُظْهِر قابلية للتوسّع. فعلى سبيل المثال.. يجب تصميم وتركيب محوِّلات الموجات الميكروية الضوئية، التي يمكن أن تربط فوتونات الموجات الميكروية مع الفوتونات الضوئية بكفاءة على شريحة، من أجل التواصل الكَمِّي عبر مسافات بعيدة. ويمكن ربط شريحتين متباعدتين من خلال محوِّلات مزدوجة، مما يمهِّد الطريق لانتقال كَمِّي آنِيّ عبر مسافات بعيدة بين بتّات كمية فائقة التوصيل.

وتَستلزِم هذه الخطوات تفاعلًا أقرب بين الباحثين في الحوسبة الكَمِّيَّة فائقة التوصيل، وأولئك الذين يعملون على تطوير آليّات تواصل كمّية ضوئية عبر مسافات بعيدة. ويجب على الصناعة أن تُشارِك أيضًا في الأمر، خاصة الشركات متعددة الجنسيّات التي تتصدر مجالات مكوِّنات الحاسوب ووسائل الاتصال. وبرغم أن تقنيّة الكَمِّ تجذب مساهِمِين من القطاع الخاص، إلا أن إنشاء شبكة إنترنت كمّية يحتاج إلى استثمار على نطاق أوسع من ذلك بكثير. ■

ستيفانو بيراندولا قارئ، **وساموِيل إل. براونشتاين**
أستاذ في قسم علوم الحاسب في جامعة يورك، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: stefano.pirandola@york.ac.uk;
sam.braunstein@york.ac.uk

1. Bennett, C. H. *et al. Phys. Rev. Lett.* **70,** 1895–1899 (1993).
2. Pirandola, S., Eisert, J., Weedbrook, C., Furusawa, A. & Braunstein, S. L. *Nature Photon.* **9,** 641–652 (2015).
3. Ma, X.-S. *et al. Nature* **489,** 269–273 (2012).
4. Weedbrook, C. *et al. Rev. Mod. Phys.* **84,** 621–669 (2012).
5. Knill, E., Laflamme, R. & Milburn, G. J. *Nature* **409,** 46–52 (2001).
6. Pirandola, S. *et al. Nature Photon.* **9,** 397–402 (2015).
7. Takeda, S., Mizuta, T., Fuwa, M., van Loock, P. & Furusawa, A. *Nature* **500,** 315–318 (2013).
8. Kimble, H. J. *Nature* **453,** 1023–1030 (2008).
9. Yokoyama, S. *et al. Nature Photon.* **7,** 982–986 (2013).
10. Andrews, R. W. *et al. Nature Phys.* **10,** 321–326 (2014).

تصحيح

ذُكِر في مقال «فَكّ رموز مخطوطة حضارة السِّنْد» ـ الذي نُشر في قسم «التعليقات» في عدد دورية *Nature* في شهر ديسمبر من العام الماضي (A. Robinson *Nature* **526,** 499–501; 2015) ـ أن عدد الإشارات الموجودة في مخطوطة السِّنْد ـ الذي توصَّل إليه بريان ويلز في رسالته للدكتوراة ـ كان 958 إشارة، ولكنْ بعد أن أعاد تقديراته مرة أخرى؛ وجد أن عدد 676 إشارة هو الأقرب إلى الصحة.

ضَمَّ مقال «ثلاث خطوات.. من أجل نقل بحري صديق للبيئة» ـ الذي نُشر في قسم «التعليقات» في عدد دورية *Nature* في شهر إبريل الماضي (Z. Wan *et al. Nature* **530,** 275–277; 2016) خريطة بيانية، تحت عنوان «العَشرة الملوثة»، استخدمت الوحدة القياسية الخطأ في التعبير عن تركيزات $PM_{2.5}$، حيث كان ينبغي أن تَستخدِم ميكروجرامًا لكل متر مكعب، بدلًا من الملّيجرام لكل متر مكعب.

وَرَدَ في موضوع «الإسراع من وتيرة الاقتصاد الدائري» ـ المنشور في قسم «كتب وفنون» في عدد مايو الماضي (*Nature* **531,** 443–446; 2016) ـ أن ويليام ماكدونا دَرَسَ تحت إشراف جون لايل، والصحيح أنهما عملا معًا.

تكنولوجيا

مِن أجل شبكة وطنية للإنترنت

يستعرض **مايكل دي. جوردن** تاريخ فشل إنشاء الاتحاد السوفييتي لشبكة حاسوب وطنية.



SPUTNIK/ALAMY

حَثَّ عالِم الحاسوب السوفييتي فيكتور جلوشكوف على إنشاء نظام آليّ يغطي الاتحاد السوفييتي كله.

إن مشكلة صِغَر العيِّنة (أي صغر قيمة *n*) تؤرق جميع المؤرخين، إلا أنها تشكل مشكلة خطيرة في تاريخ العلم والتكنولوجيا على وجه الخصوص. ويبدو أن غالبية الاكتشافات العلمية تحدث بشكل منفرد؛ وبرغم أنه أحيانًا ما نرى أشكالًا متعددة من الاكتشاف نفسه، مثل حوالي ستة أشكال تعبِّر في الوقت ذاته عن مبدأ حفظ الطاقة، أو الجدول الدوري، إلا أن تنوُّع التخصصات ووتيرة الاتصالات وتوجُّهات النشر يشير إلى أن غالبية الابتكارات تنشأ منفردة، أو ما يُطلق عليها «نمط سينجليتون» singleton، وفق رأي عالِم الاجتماع روبرت ميرتون. ولعل أبرز ما يظهر في هذا الأمر هو التكنولوجيا المتصدرة لعصرنا الحالي: «شبكة الإنترنت»؛ فقيمة *n* في هذه الحالة تساوي 1.

وتكمن أهمية الأمر في نقطتين.. الأولى هي أن كونها حالات مفردة يلغي التعميم، مما يجعل من الصعب استخلاص دروس مستفادة؛ لتعميمها في السياسات العلمية. أما النقطة الثانية، فهي المشكلة المرتبطة بـ«الاحتمال». فلدينا الآن شبكة إنترنت، وهي تمتاز بمجموعة من الخصائص (مثل مبدأ «من الطرف إلى الطرف الآخر»، الذي يشترط حدوث التطبيقات عند أطراف الشبكة، وليس في العقد المتوسطة)، لكن السؤال الذي يفرض نفسه هنا هو: هل تبدو كذلك لأنها يُفترَض أن تكون كذلك؟ أم أنّ سماتها هي خصائص محتملة لشبكة الإنترنت المعنية هذه؟ ففي ظل غياب البدائل اللازمة لمقارنتها، بمعنى أنه لا توجد قيمة n أعلى؛ فلن نستطيع الإجابة على هذا السؤال.

في كتابه «كيف تمنع تشبيك الأُمَّة» *How Not to Network a Nation*، يدافع أخصائي الاتصالات بنيامين بيترز عن مسألة «الاحتمال» بالاعتماد على ارتفاع قيمة *n* من 1 إلى 2، أو إلى 1.37، أو ما يقارب ذلك.

كيف تمنع تشبيك الأُمَّة: التاريخ المضطرب لإنترنت السوفييت

بنيامين بيترز

مطبعة جامعة ماساتشوستس، 2016.

بدأ المؤرخون بالفعل في تدوين تاريخ الشبكات؛ من أجل مقارنتها بشكل مفيد. ويذكر التاريخ مشروع «سايبرسن» Cybersyn، الذي كان بمثابة تجربة أُجريت لتشبيك الاقتصاد الشيلي في عهد الرئيس سلفادور أليندي في السبعينات، ووُصف ذلك المشروع في كتاب إيدين ميدينا «ثوار عِلْم التحكُّم الآلي» Cybernetics Revolutionaries (مطبعة جامعة ماساتشوستس؛ 2011). ويلخص بيترز في كتابه هذا الأُمُورَ بشكل جيد، إلا أن ما يحيِّره هو الحدث الأهم في علم التأريخ المتخصص، وهو «شبكة الإنترنت السوفييتية». ولذا.. فهو يناقش عدة موضوعات رئيسية، تتمثل في التساؤل عما إذا كان هناك شيء من هذا القبيل أصلًا، أم لا، ولمَ لَمْ يتخطَّ أبدًا مرحلة كونه مجرد مشروع؟، وأيّ المشروعات المختلفة التي وُجدت فيما بين أواخر الخمسينات وأواخر الثمانينات يُعتبَر جهودًا بُذلت من أجل إنشاء شبكة إنترنت.

قام بيترز باستعراض الحقائق بشكل جيد؛ كي يتخطى التورية البارعة التي وضعها المؤرخ سلافا جيروفيتش، من خلال هذا اللفظ المتناقض «InterNyet»، حيث إن (كلمة nyet تفيد النفي في اللغة الروسية). وقد كان إحساسه في محله؛ فقد تم توثيق أصول «برنامج التشبيك الحاسوبي الأمريكي» ـ التي تعود إلى الحرب الباردة ـ بشكل جيد ـ على سبيل المثال ـ في كتاب جانيت أباتيه «اختراع الإنترنت» *Inventing the Internet* (مطبعة جامعة ماساتشوستس؛ 1999). كانت الرعاية المباشرة المقدَّمة من القوات المسلحة مهمة جدًّا؛ حيث قَدَّمَت وزارة الدفاع دعمًا من خلال وكالة المشروعات البحثية المتقدمة الخاصة بها، التي أطلقت شبكة «أربانت» ARPANET ـ وهي شبكة إنترنت بدائية ـ في يوم 29 من شهر أكتوبر لعام 1969. اشتملت الأسس الفكرية لشبكة الإنترنت على عِلْم التحكم الآلي، الذي أنشأه عالِم الرياضيات نوربرت فينر في عام 1948. وبوجود أوجه تشابه كبيرة بين تقنيات السوفييت، وتقنيات الولايات المتحدة في فترة الحرب الباردة؛ فإذَن من الغريب ألّا تكون هناك جهود قد بُذلت بالفعل لإنشاء شبكة إنترنت سوفييتية. وبالفعل، عثر بيترز على ستة مقترحات مختلفة لإنشاء «شبكة تشبيك حاسوبي» تغطي الاتحاد السوفييتي كله. ويُعتبر ذلك أمرًا منطقيًّا، نظرًا إلى ما يسميه «التصور واسع النطاق للبِنْيَة التحتية، كما وضعه خبراء التخطيط في السوفييت»، الذين كانوا يحبون أن تكون مشروعاتهم ضخمة وأسطورية، مثل «برنامج الفضاء»، وإنشاء السدود، ومشروع الطاقة النووية.

ويركِّز بيترز في كتابه على مشروع «أوجاس» OGAS، الخاص بعالِم الكمبيوتر فيكتور جلوشكوف (وهو اختصار لاسم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

obshchegosudarstvennaia avtomatizirovannaia *sistema*، حسب الترجمة المعيارية الخاصة بمكتبة الكونجرس، إلا أن نُظُمًا مختلفة قد استُخدمت بشكل متغير في أجزاء مختلفة من الكتاب)؛ أما الاسم الكامل، فهو «النظام الآلي العام لجَمْع ومعالجة المعلومات؛ من أجل الموازنة، والتخطيط، وإدارة الاقتصاد القومي «USSR»». بدأ جلوشكوف مشروعه في عام 1962، وقضى 25 عامًا يحاول حشد الدعم لشبكته من «معهد علم التحكم الآلي» الخاص به في كييف، الذي طَوَّر مجموعة غنية من الموارد الثقافية، منها دستور نموذجي، وجواز سفر، ورسوم كاريكاتيرية تصوِّر منطقة سايبرتونيا. ويعيد بيترز إنتاج تلك الموارد في هيئة صور وتوصيفات كثيرة، مؤرِّخًا بذلك فكرهم الأسطوري، ومدلِّلًا على الحاجة إلى المهندسين في جميع الأوقات؛ للتعبير عن المشاعر المكبوتة، من خلال التحليق على دروب الخيال؛ إلا أن المشروع لم يتحقق أبدًا.

إنه لأمر صعب أن تستجمع كافة الخصائص التقنية مما قام بيترز بجمعه من الأرشيف، والمقابلات الشخصية، وتقارير وكالة المخابرات المركزية «CIA» التي نُشرت. تشبه بعض المقترحات الحوسبة السحابية، أو اللوائح الإلكترونية، إلا أن تفسيرها بتلك الطريقة سيُعتبَر قراءة متعدية على السياق التاريخي، ولكن بيترز لا يفعل ذلك. كانت الفكرة الأساسية هي استخدام المعالجة الآنِيّة؛ لربط المدخلات والمخرجات الاقتصادية، مما يجعل الاقتصاد الذي تم التخطيط له اقتصادًا فعالًا، وقابلًا للتكيف حسب الظروف. ولا يمكننا أن نجزم بأن خطط جلوشكوف كانت ستنجح؛ لكن ما نعرفه هو أن الفشل لم يكن سببه ندرة أجهزة الحاسب الشخصية، إذ كان يتعين على «أوجاس» أن يربط أجهزة الكمبيوتر الكبيرة في المصانع ببعضها البعض. ولم تكن الأيديولوجية هي السبب أيضًا، فوفقًا لرواية بيترز، كان «عِلْم التحكم الآلي» مناسبًا تمامًا للأولويات الأيديولوجية السوفييتية من ناحية النزعة المادية والتخطيط. ولاكتشاف جذور المشكلة، اعتمد بيترز مفهوم عدم التدرج، المعتمِد على التحكم الآلي، الذي عَرَّفَه بكونه «شبكات معقدة ذات أنظمة تقييم متعارضة متعددة، تعمل كلها في آن واحد». ومن ثم، استخدم ذلك لاستكشاف عدم تجانس أساليب التشبيك الحاسوبي.

وكان زوال «أوجاس» ـ الذي ربما كان متوقَّعًا ـ أشبه بالموت البطيء. فقد تم حفظ الوثائق في أماكن خاطئة، وأُغفلت الاجتماعات، واختلفت وزارتا القوات المسلحة، والإحصاء حول مَن سيستفيد مِن المسألة. وتنص رسالة بيترز الاستفزازية على أن «الرأسماليين قد تصرَّفوا كالاشتراكيين، بينما تَصَرَّف الاشتراكيون كالرأسماليين». وبينما أتت شبكة الإنترنت الأمريكية نتيجة للدعم الحكومي، والنزعة الأبوية الخيرية في الحُكْم، أخفقت محاولة السوفييت؛ بسبب النزاعات التنظيمية. وفي نطاق آخر.. يُرْجِع بيترز المشكلة كلها إلى التكلفة، على الرغم من أن الطريقة التي تمت بها جدولة التكاليف كانت ـ في حد ذاتها ـ لغزًا بيروقراطيًّا، لكنْ لم ينتهِ الكتاب نهاية درامية.. فالتقنيات المنعدمة عادةً ما تتبعها حالة من التذمُّر، إلا أنَّ حتى التذمر نفسه قد يخبِرنا بشيءٍ ما. ■

مايكل دي. جوردن بروفيسور «روزنجارتن» في التاريخ الحديث والمعاصر في جامعة برينستون في ولاية نيو جيرسي. آخِر كتبه كان كتاب «الصخب العلمي» *Scientific Babel*.

البريد الإلكتروني: mgordin@princeton.edu

ملخصات كتب



الرحيل الأعظم: الهجرة الجماعية من أوروبا الشرقية، وتكوين العالَم الحُرّ

تارا زهرا، دار نشر دبليو. دبليو. نورتون (2016)

في سعيهم من أجل «الخبز والحرية»، تدفَّق ما يصل إلى 58 مليون مواطن أوروبي إلى الأمريكتين في الفترة من عام 1846 إلى عام 1940. عاد منهم الملايين، وقد أنهكهم تَدَنِّي الأجور، والعمل الذي بدا وكأنه عقاب؛ ما تَصَدَّر حقبة ازدهار العالَم الجديد. إن هذا السجل التاريخي الخارق للأساطير ـ الذي كتبته المؤرخة تارا زهرا، والذي يجيء في الوقت المناسب تمامًا ـ يبين كيف حاولت الدول الأوروبية منذ وقت مبكر إدارة جماهير شعوبها بطريقة «علمية»؛ لخدمة أهدافها الخاصة، والأهداف العالمية. وقد تراوحت آثار ذلك ما بين «الهولوكوست»، والتحول الذي حدث في مفهوم الحرية، وامتدَّ إلى الحق في البقاء، أو الرحيل.



15 مليون درجة: رحلة إلى مركز الشمس

لوسي جرين، دار نشر فايكنج (2016)

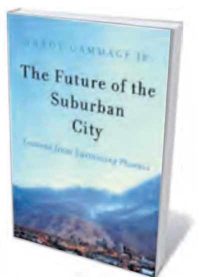
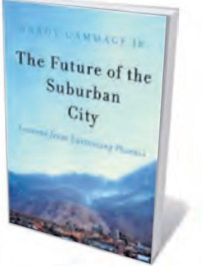
ربما تبعد الأرض 150 مليون كيلومتر فقط عن الشمس، إلا أن العلاقة بينهما ليست بهذا القرب. فبالإضافة إلى الدور المركزي الذي يلعبه هذا النجم في الحياة على الأرض، تحتضن كوكبنا الفقاعة المغناطيسية الخاصة بالغلاف الشمسي. تشرح عالمة الفيزياء الشمسية لوسي جرين في هذا الكتاب التمهيدي الأخّاذ العِلْم الذي يتضمنه الأمر، وتاريخه المرصع بالنجوم، والذي يمتد من أعمال جاليليو ـ المتعلقة بالبقع الشمسية ـ إلى اكتشاف عالِم الفلك سيسيليا بين جابوشكين في عام 1925 أن الهيليوم هو أكثر العناصر وفرةً في الشمس؛ وكذلك اكتشاف عالِم الفيزياء سامي سولانكي في عام 2004 أن النشاط الشمسي المتعاظم على مدى السبعين عامًا الماضية قد يكون مجرد ومضة نادرة الحدوث.



أرِني العَظْمَة: إعادة بناء وحوش ما قبل التاريخ في القرن التاسع عشر في بريطانيا وأمريكا

جوان داوسون، مطبعة جامعة شيكاغو (2016)

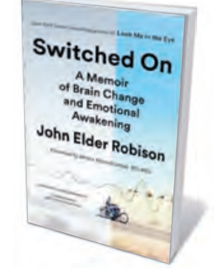
إن موهبة تخيُّل شكل وَحْش كامل من بقايا حفرية متناثرة ـ التي افتُرِض امتلاكها من قِبَل علماء الحفريات القديمة الأوائل ـ أضفت عليهم فتنة أخّاذة، كالسحر.. «أعطِني العَظْمَة؛ وسأُرِيك الحيوان»؛ هكذا كان يقول مؤسِّس هذا المجال، جورج كوفييه. يقوم المؤرخ العلمي جوان داوسون في كتابه بعرض «قانون الارتباط» غير الصحيح ـ بوضوح شديد ـ الذي كان قد طرحه كوفييه في السابق، وتَتَبَّع الفترة ما بعد انقضائه في بريطانيا في الحقبة الفيكتورية، وفي الولايات المتحدة. تسرَّبت الفكرة إلى مجال العلوم؛ ما أزعج عالِم الأحياء تي. إتش. هكسلي، كما أثَّر ببراعة ـ وفقًا لقول داوسون ـ على رؤى تشارلز داروين في التباين الطبيعي.

مستقبل ضاحية المدينة: دروس من مسيرة دعم مدينة فينيكس

جرادي جاميدج، دار نشر آيلاند (2016)

في كتابه، يكشف جرادي جاميدج ـ المتخصص في دراسة المناطق الحضرية ـ عن أن السيارة، ومركز التسوق، والمنزل ذا العائلة الواحدة.. كلها أمور أدَّت إلى ظهور «الضواحي»، المنتشرة عشوائيًّا في نطاق جنوب غرب الولايات المتحدة، وهي ترتبط بحركة التطوير المتفشية. وفي دراسته حول قدرة تلك المناطق على التغيير المستمر، يركِّز جاميدج على مدينة فينيكس في ولاية أريزونا؛ بمساحاتها الشاسعة، وحركة المرور المزدحمة بها، وهي تنحصر بين الجفاف، ومعدَّل استهلاك للمياه للفرد الواحد، يتجاوز ضعف نظيره في نيويورك. ويرى جاميدج أن اعتماد المدينة التاريخي على المياه السطحية المتجددة، بدلًا من المياه الجوفية، وكذلك إقبالها على وسائل النقل الخفيفة ذات المحتوى المنخفض من الكربون، يشير إلى احتمال كبير لصمودها في المستقبل.



تشغيل مفاجئ: تقرير حول تغيُّر الدماغ، والصحوة العاطفية

جون إلدر روبيسون، دار نشر شبيجل وجراو (2016)

في عام 2007، قام جون إلدر روبيسون بنشر مذكراته في كتاب، تحت عنوان: «انظر إليَّ في عيني»، (كراون). كانت مذكراته تدور حول العيش مع متلازمة «أسبِرجر». في العام التالي، دعاه عالِم الأعصاب المعرفي ألفارو باسكوال ليون؛ للمشاركة في دراسة تتضمن التحفيز المغناطيسي عبر الجمجمة «TMS». وهنا، يوثِّق روبيسون «التأثير السحري» الذي أعقب ذلك، بينما أخذت عواطفه وتعاطفه وتصوراته في التعمق والتبلور؛ ما أضفى على عمله وعلاقاته الحميمة لونًا غير متوقع، حتى بعد تلاشي آثار التحفيز المغناطيسي عبر الجمجمة. وفي الكتاب، يتداخل العلم والمشكلات الأخلاقية المصاحِبة لتلك العملية بشكل بارع. **باربرا كايسر**



MATT CHING

تواصِل هوب جارين في جرأة مناصرتها لحقوق المرأة في الأوساط الأكاديمية.

سيرة ذاتية

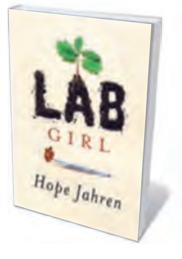
مختبر يخصُّني

تقدِّم **جينيفر رون** قراءة ممتعة لمذكرات عالمة الأحياء القديمة هوب جارين، بما فيها من حياة علمية حافلة بالاكتشافات.

لا تزال مِهنتنا غير مألوفة ـ إلى حد كبير ـ في الثقافة الشعبية. ويندر أن نقرأ مذكرات كَتَبَها علماء، بل ويندر أكثر وجود مذكرات كتبتها عالِمات ما زلن يواصلن مسيرتهن في بيئة يهيمن عليها الذكور.

ولطالما تَشَوَّق الوسطُ العلمي لصوت ينطق باسمه، حتى أتت هوب جارين. تحكي جارين في سيرتها الذاتية ـ التي تحمل اسم «فتاة المختبر» *Lab Girl* ـ تفاصيل مسيرة مهنية بحثية، قد تبدو شديدة الغرابة في بعض المواضع. تملك عالمة الأحياء القديمة بجامعة هاواي في مانوا مُدَوَّنة إلكترونية صادقة ذائعة الصيت (www.hopejahrensurecanwrite.com)؛ تركِّز على أشكال من معاناة النساء في الوسط الأكاديمي، إلا أن كِتابها «فتاة المختبر» يزيح الستار عن تفاصيل أكثر. وفي وَصْفها لحياتها، بدءًا من طفولتها الانطوائية، حين كانت تختبئ في مختبَر والدها مدرِّس العلوم، وصولًا إلى عشرين عامًا من الحياة العملية الممتدة حتى الآن، يتسم صوت جارين بالوضوح والإقناع، وبصِدْق لا هوادة فيه.

تعكف جارين حاليًّا على دراسة التركيب الكيميائي للحياة الحديثة، وحياة الأحافير المتحجرة؛ بغرض فهم التغيرات التي تطرأ على بيئة الأرض. وتقع النباتات في قلب هذه القصة، حيث تشق طريقها كاللبلاب العنيد، وتلجأ إلى استراتيجيات غريبة ومدهشة؛ لتقاوِم قسوة العالَم. وتتمثل لحظة «وَجَدْتُها!» الأولى لجارين في اكتشافها أن شجرة الميس (*Celtis occidentalis*) تزيد صلابة بذورها عن طريق دمج المعادن، وتحويلها إلى عقيق. وهنا، نتعلم كيف تحيا الأشجار في الشتاء في درجة حرارة تصل إلى 40 درجة مئوية تحت الصفر، حيث ترشِّح خلاياها الماء النقي، بينما تعمل على تركيز السكريات والبروتينات على شكل عصارة مضادة للتجمُّد؛ مما يمنع تكوُّن بلورات الثلج داخل الخلية. وحين يتعلق الأمر بنسل تلك الأشجار، تتضاءل بشدة احتمالات وصول أي بذرة إلى مرحلة النضج. وهكذا، أصبح نمو النبات من جذيرات بدائية إلى ثمار ناضجة ـ مع ما يتخلل ذلك النمو من تعقيدات عديدة ـ بمثابة صورة بلاغية تَصِف مسيرة جارين في وسط أكاديمي حافل بالتحديات.



فتاة المختبَر
هوب جارين
دار نشر كنوبف، 2016.

أجرت جارين الكثير من أبحاثها في مواقع ميدانية في جميع أنحاء العالم. وعلى الرغم من أن تقنية «تحليل النظائر» المتطورة هي تقنيتها الأساسية، إلا أن أبحاثها تسترشد بالملاحظة المتأنية للظواهر في بيئتها الطبيعية.

تنتمي جارين إلى فئة العلماء الذين يقضون ـ في سعادة ـ ثلاثة مواسم للحفر بعمق 30 مترًا تحت سطح الأرض في القطب الشمالي، بمعدل سنتيمتر واحد في كل ضربة مجهدة. ويمكن لأكثر المشاهَدات طبيعيةً ـ مثل عودة الحيوية لطحلبٍ ما، بعد رَفْعها قدمها عنه ـ أن يثير في ذهنها فرضية جديدة. وفي الفترات التي تتخلل الدورات الشاقة لتطعيم النباتات، ينطلق فريق مختبرها في رحلات برية؛ ليشاهد المعالم الغريبة، أو ليستمتع بطهي الطعام في الهواء الطلق.

وأثناء وَصْفها لتفاصيل عملها، تظهر للعيان أسرار علمية مزعجة؛ إذ تكشف جارين بتلقائية عن أن العلماء يعملون أحيانًا على خطوط تماسٍّ لا تشملها مِنَحُهم البحثية. وتعترف بأن كتابة الأوراق البحثية قد تمثِّل تدريبًا على «سد الفجوات السَّرْدِيَّة»، أو تشبه «عارضة أزياء (مانيكان) ذات مقاس صغير جدًّا، مصممة لإظهار أناقة ثوب، لم يكن ليظهر بهذا الجمال لو ارتدته أي فتاة حقيقية». كما تتجاهل اللغةُ العقيمة للأوراق البحثية حالةَ الدراما الإنسانية، مثل تلك التي تحدث حين تجب إعادة معالجة البيانات بعد انسحاب طالبة لا ترغب في تكريس نفسها لحياةٍ مثل حياة جارين.

وفوق ذلك كله.. تفضح جارين ثقافة العمل المتواصل داخل المختبرات (24 ساعة في اليوم، ولمدة 7 أيام في الأسبوع) المألوفة لدى كثير من الباحثين الأكاديميين. فعندما كانت جارين تستميت للحصول على الأوراق والمِنَح اللازمة؛ لِتُبْقِي مختبرها الوليد في معهد جورجيا للتكنولوجيا في أتلانتا مفتوحًا، قضت هي وصديقها بيل ـ في المختبر ـ أيامًا بدون طعام ولا نوم مناسِبَين. وفي إحدى الندوات، أكَلَتْ جارين «بسكويتًا» خاصًّا بالكلاب؛ لتوقف قرقرة بطنها. وفي مناسبة أخرى، تعثَّر بها حارسٌ ليلي؛ فنصحها قائلًا: «مهما بلغ حُبّك لعملك؛ فلن يبادلك حبًّا بحب»، بينما كان بيل المسكين يرقد في شاحنة مغلقة، لأنّ راتبه الضئيل لا يكفي لاستئجار غرفة.

ولا تتحرج جارين من كَشْف الواقع القاسي الذي تختبره المرأة في المِهَن العلمية، لمجرد كونها امرأة، الأمر الذي لا يمثل مفاجأة للكثيرين. وتعرِّف جارين التمييز الجنسي بأنه «الضغط المتزايد الذي يولِّده زَعْمهم المتكرر بأنه لا يمكنك أن تكون ما أنت عليه». ففي أحد المؤتمرات، وجدت نفسها وحيدة «محاصَرة بمجموعة من الرجال الكهول الشاحبين، الذين نظروا إليها كما لو كانت طائشة جرباء»، بل إنها سمعت زملاءها الذكور يتكهَّنون بميولها الجنسية، وبمحيط خصرها، وعانت كذلك من مضايقاتهم خلال فترة حملها. إنّ ما كتبته ليس كتيبًا إرشاديًّا يخبرك بما يجب عليك فعله، لكنْ يمكن ببساطة لشباب العلماء من الجنسين ـ من خلال قراءته ـ أن يستمِدُّوا الإلهام من صلابة جارين.

تحفل قصة «فتاة المختبر» المبهجة باللحظات السعيدة أحيانًا، والحزينة غالبًا. وبالرغم من كل الصعوبات التي واجهتها، إلا أن جارين لم تكن لتفضِّل أن تجد نفسها في مكان آخَر غير مختبَرها. إنها تكتب عن ذلك قائلة: «مختبَري.. هو المكان الذي أشعر فيه أن بإمكاني أن أظل الطفلة التي أنا عليها»، وهو البيت الذي «تتلألأ فيه الأضواء دائمًا»، وهو محراب العبادة؛ «لأني أتعرَّف فيه على ما أعتقده حقًّا». ■

جنيفر رون ترأس مجموعة لعلم الأحياء الخلوي في كلية لندن الجامعية. وتَحمِل أحدث رواياتها اسم «النظرة الصادقة» *The Honest Look*.
البريد الإلكتروني: jenny@lablit.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تطوّر

تصنيفــات الإدراك

تستعرض **جوان بي. سيلك** دراسة فرانس دي فال حول تطور ذكاء الحيوانات.

في كتابه «هل نحن أذكياء بما يكفي لنعرف مدى ذكاء الحيوانات؟» Are We Smart Enough to Know How Smart Animals Are?، يحتفي فرانس دي فال ـ أخصائي السلوك الحيواني ـ بتطور الذكاء في الطبيعة. وهو يسرد بطريقة مسلية كيف تهرب الأخطبوطات من الأوعية عن طريق فك الأغطية، وكيف تسقط الغربان الحصى في أنبوب؛ كي تحصل على المكافآت التي تطفو على السطح من جَرّاء ذلك. كما يناقش كيف أن الانتقاء الطبيعي يشكِّل القدرات المعرفية بالطريقة نفسها التي يشكّل بها الصفات الجسدية، كطول الجناح مثلًا. ومع تباين التحديات التي تواجهها الحيوانات، واختلاف مواطنها، تتباين قدراتها الإدراكية أيضًا. وقد اكتسبت تلك الفكرة ـ التي يُطلق عليها اسم «الإدراك التطوري» ـ زخمًا في مجالي علم النفس، وعلم الأحياء في العقود القليلة الماضية.

وبالنسبة إلى دي فال، تترتب على الإدراك التطوري نتيجتان رئيستان، أولًا: أنه لا يتوافق مع مفهوم «سلسلة الوجود العظيمة»، التي يمكن فيها ترتيب الكائنات الحية، بدءًا من الكائنات البدائية حتى المتقدمة، ومن البسيطة حتى المعقدة، ومن الغبيّة حتى الذكية. فأيّ سمة بشرية «فريدة» يجد لها علماء الأحياء مثيلًا في كائن آخر: فمثلما يصنع البشر الأدوات ويستخدمونها، كذلك تفعل الغربان البرية في كاليدونيا الجديدة (*Corvus moneduloides*). ومثلما يعمل البشر على تطوير الثقافات، كذلك تفعل الحيتان المحدبة (*Megaptera novaeangliae*)، التي تنقل تقنيات التنقيب عن الطعام فيما بين مجتمعاتها. وحيث يمكننا «السفر عبر الزمن» ذهنيًّا، متذكرين الأحداث الماضية، وواضعين خططًا للمستقبل، وكذلك تفعل طيور القيق الغربية (*Aphelocoma californica*)، إذ يمكنها تَذَكُّر ما تناولته على الفطور في أحد الأيام، وتوقُّع ما إذا كانت ستُمنح وجبة الفطور في اليوم التالي، أم لا؛ وحين تدرك أنها لن تُعطَى طعامًا؛ تقوم بتخبئة بعض الأطعمة التي حصلت عليها في اليوم السابق.

ولا يتفوق البشر بالضرورة على الحيوانات الأخرى في جميع المجالات المعرفية، فطائر القرقف ذو الرأس السوداء (*Poecile atricapillus*) يخزن البذور في مئات المواقع كل يوم، ويمكنه تذكُّر ما قام بتخزينه ومكانه، وكذلك ما إذا كان ما خَزَّنَه في أيٍّ من المواقع قد أُكِل، أم سُرِق. وقد فَضَّل الانتقاء الطبيعي تلك الخصال المذهلة المتعلقة بالذاكرة، إذ تصنع الفرق بين البقاء على قيد الحياة في فصل الشتاء، والتضور جوعًا قبل فصل الربيع. ولا يجب أن تكون ذاكرة الإنسان جيدة إلى هذا الحد، إذ ترعرعت الرئيسات في المناطق المدارية. فحسب قول دي فال: «من المنظور النفعي البيولوجي، تملك الحيوانات الأدمغة التي تحتاج إليها فقط، لا أكثر.. ولا أقل».

أما النتيجة الثانية المترتِّبة على رؤية دي فال، فهي وجود استمرارية عبر الأصناف المختلفة. ويستند أحد مصادر الاستمرارية إلى التاريخ التطوري.. فالانتقاء الطبيعي يعدّل من السمات الموجودة لإنشاء سمات جديدة، ومن ثم يخلق قواسم مشتركة بين الأنواع ذات التاريخ المشترك. كما يشير إلى أن استخدام الأدوات لا يقتصر على البشر والشمبانزي، لكنه مألوف أيضًا فيما بين أنواع أخرى من القردة، والقردة العليا، مما يعني أن اللَّبِنَات المعرفية المناسبة مشتركة بين جميع الرئيسات. وتنشأ الاستمرارية أيضًا عن طريق التطور المتقارب، الذي ينتج سمات متماثلة فيما بين الكائنات بعيدة الصلة، مثل غربان كاليدونيا الجديدة، وقردة «كابوشين». ويعتقد دي فال أن الاستمرارية «يجب أن تكون هي السمة العامة في جميع الثدييات على الأقل، وربما أيضًا الطيور والفقاريات الأخرى».

هل نحن أذكياء بما يكفي لنعرف مدى ذكاء الحيوانات؟
فرانس دي فال
دبليو. دبليو. نورتون: 2016.

كما يدعو إلى الكفّ عن الادّعاء بتفرُّد الإنسان؛ إذ يرى أن المدافعين قد بالغوا في تقدير درجة تعقيد الإنسان، أو أساءوا تقدير درجة تعقيد الأنواع الأخرى. وهو محقّ في ذلك، إذ إنّ مثل تلك الادعاءات قد تعرضت للتفنيد مرارًا وتكرارًا، وهي غالبًا ما تكون مبنية على أساس غير علمي. وعلى الرغم من أن كتابَي تشارلز داروين «أصل الأنواع» *On the Origin of Species*، الصادر في عام 1859، و«أصل الإنسان» *The Descent of Man*، الصادر في عام 1871، قد نُشِرَا منذ حوالي 150 عامًا، إلا أنه ما زال كثيرٌ من الناس يُبدون عدم ارتياح للرأي القائل إنّ البشر هم نتاج العمليات نفسها التي شَكَّلت الكائنات الحية الأخرى. وقيل إنّ زوجة أسقف وورشستر عندما سمعت عن نظرية داروين، هتفت قائلة: «يا إلهي.. دَعُونا نأمل ألا يكون الأمر صحيحًا؛ لكنْ إذا كان صحيحًا، فلنأمل ألا يتسع نطاق العارفين به». وبعض أولئك الذين يقدِّرون دور الانتقاء الطبيعي في تحديد أصولنا يشعرون بارتياح أقل لفكرة كونه ذا تأثيرات مهمة على طريقة تفكيرنا، ومشاعرنا، وتصرفاتنا. وقد واجهت الجهود التي بُذلت لطرح وجهات النظر التطورية في الأنثروبولوجيا وعلم النفس في الثمانينات مقاومة شرسة، ولا تزال محل جدل.

إنّ التمركز حول الإنسان، أو ما يسميه دي فال «الإنكار الأنثروبولوجي»، ليس السبب الوحيد الذي يجعل الباحثين مقبلين على فَهْم كل ما يميِّز الإنسان عن غيره من المخلوقات؛ فالبعض يحرِّكه الفضول لمعرفة كيف سيطر البشر على الكوكب، إذ إنّ الكتلة الحيوية للبشر والحيوانات المستأنسة تفوق الكتلة الحيوية الخاصة بكافة أنواع الفقاريات البرية. ومن المفترَض أن نجاحنا يتعلق ـ بشكل أو بآخر ـ بظهور مجموعة متميزة من السمات المعرفية.

استطاع دي فال تمييز سمة واحدة فقط من هذا النوع من السمات، تتمثل في نظامنا الغني والمرن للتواصل الرمزي، وقدرتنا على تبادل المعلومات حول الماضي والمستقبل. ويُرغِمه التزامُه بمبدأ الاستمرارية على التقليل من أهمية اللغة في الإدراك البشري، نظرًا إلى وجود أدلة على قدرة المخلوقات غير المعتمدة على التواصل اللغوي على التفكير. كما يتجاهل النتائج المقنعة التي توصل إليها المختصون في علم اللغة، وعلم النفس التطوري، مثل إليزابيث سبيلكي، حول دور اللغة التكويني في الإدراك.

ويُولِي دي فال قليلًا من الأهمية للعمليات التطورية التي تخلق اختلافات بين الأنواع وبعضها. فكل نوع هو مزيج من سمات موروثة من الأصناف السلفية، وسمات أخرى مشتقة، تطورت بعد اتخاذ النوع مساره الخاص. فمثلًا، يعود إدراك الألوان إلى أصباغ بصرية مصنوعة من بروتينات أوبسين؛ وهي بروتينات حساسة لأطوال موجية معينة من الضوء. تمتلك غالبية الثدييات اثنين منها فقط، ولا تستطيع التمييز بين اللونين الأحمر والأخضر، لكن الإنسان العاقل (*Homo sapiens*) يمكنه فعل ذلك، بسبب تَضَاعُف وتعديل أحد جينات بروتين أوبسين في السلف المشترك بين القردة العليا، وقردة العالَم القديم، التي تمتلك جميعها ثلاثة من مثل تلك الجينات. أما السمات المشتقة، فهي حقًّا تقطع الاستمرارية بين الأنواع.

كان من الممكن أن يكون الأمر أفضل، لو احتفى الكِتاب بأوجه تشابه أسس القدرات المعرفية عبر الأنواع المختلفة، والعمليات المولِّدة للاختلافات في القدرات المعرفية بين الأنواع وبعضها. ولعله كان يمكن أن يكون أكثر نفعًا، إذا تَضَمَّن بعض النِّقَاشات حول الآليات الكامنة وراء القدرات المعرفية بين الأصناف المختلفة، كعملية الإدراك مثلًا. وربما كان من الممكن أن يكون أكثر توازنًا، إذا لم يصنف جميع النواحي المريبة الخاصة بالتفسيرات السلوكية ذات الطابع الإدراكي ـ التي يفضِّلها دي فال ـ على أنها «أطروحات مفسِدة للبهجة»، أو يرفض باختصار أي دليل سلبي ينتج عن تجارب مصمَّمة بشكل جيد. وربما كان من الممكن أن يكون أكثر إرضاءً، لو قَدَّم للقراء فَهْمًا أوضح للأسباب التي تقف وراء كوننا نحن ـ وبعد مرور بضعة ملايين من السنين على انشقاق سلالتنا عن سلالة الشمبانزي ـ مَنْ نقرأ هذا الكتاب الآن، وليسوا هم. ■



طائر نَقّار الخشب (*Camarhynchus finch*) يستعمل عودًا للتنقيب عن الطعام.

OLE JORGEN LIODDEN/NATURE PICTURE LIBRARY

جوان بي. سيلك يعمل في مؤسسة «أصول الإنسان» في جامعة ولاية أريزونا، تمبي.
البريد الإلكتروني: joansilk@gmail.com

جيفري إيجلينتون

(1927–2016)

رائد بحوث الأحافير الجزيئية.

كان جيفري إيجلينتون شغوفًا بتاريخ الجزيئات؛ فقام بتتبُّع رحلتها من الكائنات الحية إلى التربة والترسبات، وتتبُّع مصيرها الجيولوجي في الصخور الرسوبية والوقود الأحفوري. وقد أدَّت عمليات استكشافه للتاريخ الطبيعي للمواد الكيميائية الحيوية وبقاياها الجيوكيميائية إلى نشوء مجال الجيوكيمياء العضوية الحديث. وفي عام 1969، قام بتحليل صخور القمر، التي جَمَعَها نيل أرمسترونج، وباز ألدرين في رحلة «أبولُّو 11».

وُلد إيجلينتون ـ الذي وافته المنيّة في الحادي عشر من شهر مارس الماضي ـ في كارديف بالمملكة المتحدة في عام 1927. وقد دَرَس الكيمياء في جامعة مانشستر، حيث حصل على ثلاث درجات علمية: درجة البكالوريوس في عام 1948، ودرجة الدكتوراة في عام 1951، ودرجة الدكتوراة في العلوم (DSc) في عام 1966. عمل لمدة عامين كباحث ما بعد الدكتوراة في جامعة ولاية أوهايو في كولومبوس، ثم عاد إلى المملكة المتحدة ليعمل كزميل لشركة الصناعات الكيماوية الإمبريالية «ICI» بجامعة ليفربول. وفي عام 1954، عُيِّن محاضرًا بجامعة جلاسجو.

كان التدريب الأوَّلي الذي تلقّاه إيجلينتون يدور ضمن مجال الكيمياء الاصطناعية. وشملت إنجازاته الأولية ابتكار طريقة جديدة لإنشاء روابط كربون-كربون، من خلال ربط مركَّبين ببعضهما البعض، يحتوي كلٌّ منهما على رابطة كربونية ثلاثية، وهي عملية تُعرف الآن باسم «تَفَاعُل إيجلينتون».

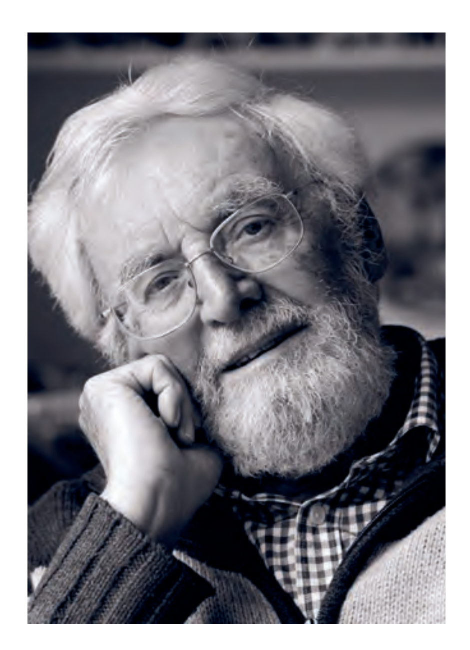
تحوَّل اهتمامه إلى كيمياء المنتجات الطبيعية، ثم في نهاية المطاف إلى الجيوكيمياء، عقب ظهور أداة تحليلية جديدة في أوائل الخمسينات؛ هي «الكروماتوغرافيا الغازية». وقد أثبتت تلك التقنية ـ التي تفصل المركّبات التي يحملها غاز يمر عبر سطح سائل في عمود ضيق ـ قيمتها الكبيرة في الكشف عن تركيب المجاميع المعقدة من المركبات العضوية الطبيعية. وكان إيجلينتون أوَّل مَن استخدم طريقة الفصل بالكروماتوغرافيا الغازية؛ لتحليل المواد الكيميائية التي تُعرف بـ«دهون تربينويد»، التي توجد في النباتات، وكذلك في الرواسب القديمة. وسرعان ما أصبح مهتمًّا بالدهون الشمعية التي تغطي أسطح الأوراق (أي البشرة)، وبدأ في تحديد توزيعاتها؛ فذلك الشمع يحمي الأوراق من فقدان الماء، ومن الحشرات والفطريات.

وفي أواخر الخمسينات، صار إيجلينتون مولعًا بالمركّبات النباتية الشمعية الموجودة دائمًا في التربة والرواسب والصخور والبترول. وفي عام 1960، اصطحب أفراد عائلته الصغيرة إلى جامعة لا لاجونا في تينيريفي في إسبانيا؛ ليقضي إجازة تفرُّغه في جوها المشمس. وكان يريد إيجلينتون استكشاف ما إذا كانت الأصناف النباتية المختلفة لها أنماط مميزة من دهون البشرة ذات السلاسل الطويلة، أم لا؛ إذ إنه في هذه الحالة.. كان سيدرك أن تلك المركّبات ستكون لها قيمة كبيرة في إعادة بناء الأنظمة البيئية التي سادت في السابق.

نَسَجَ العمل الرائد الذي أبدعه إيجلينتون بتألُّق علومَ الكيمياء، والكيمياء الحيوية، والنبات، وتُوِّجت هذه الجهود بنشر ورقة بحثية شاملة في دورية «ساينس» *Science* في عام 1967، كانت تدور حول شموع أوراق النبات، ولا تزال وثيقة حاسمة في هذا المجال، كما تُعَدّ أكثر أعماله استشهادًا (G. Eglinton and R. J. Hamilton *Science* **156**, 1322–1335; 1967). كما درس إيجلينتون الكيمياء الجيولوجية لشموع النبات على مدار ما تبقَّى من حياته المهنية، ولفترة طويلة بعد سن التقاعد. وفي الواقع، إن إعجابه التنبؤي بشموع النباتات الموجودة دائمًا وَضَعَ الأساس لاستخدامه واسع النطاق في يومنا هذا، كبصمات مميزة لتاريخ المناخ القديم.

وفي عام 1963، بدأ إيجلينتون سعيه نحو جزيئات تمثِّل أقدم مظاهر الحياة على كوكب الأرض، وذلك بالتعاون مع مِلفين كالفين، عالِم الكيمياء الحيوية، الحائز على جائزة «نوبل». استخدم إيجلينتون خبرته التحليلية للبحث عن جزيئات عضوية لها أصل حيوي، وموجودة في صخور رسوبية، يرجع عمرها إلى أكثر من مليار سنة. وكشفت الأعمال التي قام بها مع كالفين عن أن الكيمياء الحيوية الخاصة بالحياة البدائية كانت تشبه في أساسها تلك الخاصة بالخلايا الحديثة. وقد أشعل اكتشاف القِدَم المذهل هذا للبقايا الكيميائية من الخلايا القديمة مخيلةَ الناس، وساعد في تعريف جمهور عريض على مفهوم «الأحافير الجزيئية».

وفي منتصف الستينات، جذبت دراسات إيجلينتون الرائعة اهتمام بعض الباحثين في وكالة «ناسا» NASA الفضائية؛ فأدركوا أن الحفريات الجزيئية القديمة كانت بمثابة بصمات بيولوجية أكيدة، وأن الجيوكيمياء العضوية ستكون مفيدة جدًّا في دراسات العيِّنات التي تم جَلْبها من القمر.



وقد ضم فريق إيجلينتون روّاد علم الجيوكيمياء العضوية في ذلك الوقت. وتطلَّبت الأعمال التحليلية الاستكشافية التي أُجريت على صخور القمر نظافةً فائقة؛ لتجنب أي تلوث من أي نوع. وقد كانت أساليب الباحثين تراعي النظافة القصوى، لدرجة أنهم وجدوا آثارًا ضئيلة جدًّا من الكربون الناجم عن الرياح الشمسية في المعادن القمرية. وحصل عمل إيجلينتون على ميدالية الإنجاز العلمي الاستثنائي الذهبية، التي تقدِّمها وكالة «ناسا»، وأدَّى إلى رقيّ متزايد لأهمية مجال الجيوكيمياء العضوية النامي.

وفي عام 1967، انتقل إيجلينتون من جلاسجو إلى جامعة بريستول، حيث أنشأ وحدة الجيوكيمياء العضوية «OGU» بالاشتراك مع صديقه وزميله جيمس ماكسويل. وسرعان ما أصبحت الوحدة مركزًا عالميًّا للتميز في الكيمياء الجيولوجية العضوية. وتعاقبت أجيال من الطلاب ودارسي ما بعد الدكتوراة؛ لدراسة الأحافير الجزيئية هناك، التي استخدموها لدراسة الحياة في المحيطات القديمة، وتتبُّع درجة حرارتها، وكذلك سبر أغوار تحوُّل النفط في الأحواض الجيولوجية.

كان جيفري ـ الذي تعرَّفْتُ عليه بشكل مهني، ومن خلال صداقتي بعائلته ـ دائم التقدير للعلماء الشباب، والثناء عليهم؛ إذ كان يستمع باهتمام إلى أفكارهم. وبعد تقاعده من جامعة بريستول في عام 1993، استمر في العمل كأستاذ فخري، وتم تعيينه كأستاذ ملحق لدى مؤسسات مختلفة، بما في ذلك المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيوريخ، حيث كثيرًا ما تعاوَن فيه مع ابنه تيموثي، أستاذ علوم الأرض الحيوية، وأحد أبناء عصري.

وقد نشر جيفري أكثر من 500 ورقة بحثية، كما حصل على العديد من الجوائز، بما في ذلك اختياره كزميل لجمعية لندن الملكية، إلا أن أعظم مكافأة بالنسبة له كانت عمله في حد ذاته، والمجالات العديدة التي تعاون فيها مع مَن يشاركونه الشغف نفسه. وتظهر متعته بدراسة عالَم الأحافير الجزيئية الغنِيّ في صفحات كتاب «أصداء الحياة» *Echoes of Life* (مطبعة جامعة أكسفورد)، الذي نُشر في عام 2008، والذي كان قد شارك في تأليفه مع سوزان جينز، ويورجن رولكوتر، وهو يوثِّق قصص العِلْم، والعلماء الذين ساعدوه في بناء مجال الجيوكيمياء العضوية.

كان جيفري شخصًا محبوبًا؛ إذ أحبَّتْه زوجته بام لأكثر من 60 عامًا، وكذلك أولاده، وأحفاده، وأصدقاؤه، كما كان محبوبًا أيضًا من عائلته العلمية العالمية العاملة ضمن المجال الذي أَسَّسَه. ■

كاثرين إتش. فريمان أستاذة متميزة في علوم الأرض بجامعة ولاية بنسلفانيا، يونيفرسيتي بارك، بنسلفانيا، الولايات المتحدة الأمريكية. وقد عرفت جيفري إيجلينتون كزميل وصديق لما يقرب من 30 عامًا.
البريد الإلكتروني: khf4@psu.edu

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature INDEX لعام 2016
المملكة العربية السعودية

دَعْم المواهب الوطنية هو الحل الأمثل للتغلب على المشكلات المحلية

بِنَاء شبكة علاقات دولية قوية يُسْهِم في التحول إلى اقتصاد مَعْرِفِيّ

تَعَرَّفْ على المؤسسات التي تقود مسيرة البحث العلمي في المملكة



الاعتماد على ركائز جديدة

الثـروة النفطيـة تغـذي الطمـوح العلـمي

صدر هذا الملحق بدعم من

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

nature publishing group npg

nature INDEX لعام 2016

المملكة العربية السعودية

تُعَدُّ المملكة العربية السعودية أكبر منتج للنفط في العالم. ورغم ذلك.. أعلنت المملكة في عام 2008 عن خططها لتوسيع مواردها الاقتصادية، وتحويل اقتصادها من اقتصاد قائم على النفط، إلى اقتصاد قائم على المعرفة، في إطار رؤية استراتيجية علمية وطنية تمتد حتى عام 2030. وتَمَكَّنَت المملكة - بفضل الاستثمارات الضخمة - من إنشاء جامعات عالية التقنية، وإقامة مختبرات حديثة ومتطورة في مؤسساتها البحثية الرائدة.

يتتبَّع الملحق الأول لمؤشر Nature (Nature Index) عن الشرق الأوسط مدى التغير الذي تَعَرَّض له الناتج العلمي السعودي على مدار السنوات الأربع الماضية، مبينًا أن استثمارات المملكة في مجال العلوم بدأت تؤتي ثمارها، حيث تَخَطَّت المملكةُ جميعَ الدول العربية الأخرى في المنطقة، بل وتفوقت على قُوَى إقليمية رائدة؛ لتحقق ثاني أعلى ناتج في غرب آسيا في المؤشر.

ويمكننا أن نعزو الفضل الأكبر في هذا النمو إلى خمس مؤسسات سعودية، نستعرضها بإيجاز في صفحة «م8»، حيث قامت هذه المؤسسات بصياغة مشروعات تعاون بحثي مع 89 دولة في عام 2015 وحده، وأسهمت الأبحاث المنتَجة في دفع عملية الصعود السريع للبلاد في المؤشر. وما زالت الولايات المتحدة والصين ـ متصدِّرَتَا مجال العلوم على مستوى العالم ـ صاحبتَي العدد الأكبر من مشروعات التعاون البحثي مع المملكة.

ونقدِّم في صفحة «م16» وصفًا للكيفية التي تسهم بها المؤسستان الرائدتان في المملكة ـ جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية «KAUST»، وجامعة الملك عبدالعزيز «KAU» ـ في قيادة مشروعات التعاون البحثي تلك، من خلال نَهْجَين مختلفَين تمامًا. أما التحقيق الذي نُفْرِد له صفحة «م19»، فيوضح كيف تَجْنِي إحدى المؤسسات السعودية أعظم الثمار، نظير قدرتها على مواصلة التركيز على الجبهتين.. المحلية، والإقليمية.

وبإلقاء نظرة فاحصة على مؤشر Nature، نرى أنّ المؤسسات السعودية ـ باستثناء جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية ـ تسهم إسهامًا محدودًا عادةً في مشروعات التعاون البحثي، مقارنةً بنظيراتها العالمية. وإيمانًا منها بالحاجة إلى مزيد من المواهب الوطنية، قامت الحكومة السعودية بإنشاء برنامج بعثات ضخم، يرسل الطلاب إلى الخارج؛ لاستكمال دراساتهم العليا، آمِلَةً أن يعودوا ليَتَوَلَّوا قيادة الجهود العلمية للبلاد، متسلِّحين بعلاقات وصِلات جديدة، وبخبرات واسعة.

وبتحقيقها العددَ الكسري المعدَّل «WFC» weighted fractional count الأسرع نموًّا في منطقة الشرق الأوسط في عام 2015؛ صارت المملكة العربية السعودية إحدى الدول الرائدة إقليميًّا في المؤشر. وقد قاد هذه الانطلاقة تركيزٌ شديد على الأبحاث في مجال الكيمياء التي تشكِّل ثلثي الناتج العلمي للمملكة على مؤشر Nature. ونلقي الضوءَ في صفحة «م13» على التقدم الذي حققته المملكةُ فيما يخص ترتيبها الدولي.

لقد نجحت المملكة العربية السعودية بالفعل في تخطِّي معظم منافسيها منذ عام 2012، وأنظارها الآن موجَّهة نحو الحصول على مركز أعلى من تلك المراكز التي تشغلها القوى الآسيوية الرائدة. ربما يكون هدفًا صعبًا، ولكن الصعود المُبْهِر الذي حققته المملكة حتى الآن، لا يبدو معه تحقيقُ الهدف مستحيلًا، بل مُرْتَقَبًا.

وللحصول على مزيد من المعلومات بشأن الكيفية التي يتم بها حساب مقاييس مؤشر Nature، انظر صفحة «م24».

ولا يسعنا في النهاية إلا أن نُعَبِّر عن امتناننا للدعم المالي الذي تلقَّيناه من «مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية»؛ للخروج بهذا الملحق الخاص بمؤشر Nature إلى النور. وتُقِرّ دورية Nature بتَحَمُّلها المسؤولية كاملة عن جميع محتويات الملحق.

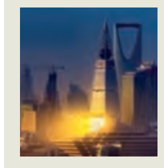
محمد يحيى

رئيس تحرير موقع Nature Middle East.

ALI AL MUBARAK/GETTY IMAGES

المحتويات

صورة الغلاف



سماء مدينة الرياض، وقد بدا في الأفق بُرْجَا المملكة، والفيصلية، اللذان يشغلان المرتبة الثالثة والرابعة في قائمة أعلى مباني المملكة.

التحرير: ستيفن بينكوك، محمد يحيى، سدير الشوك، نادية العوضي، باكينام عامر، ريبيكا دَرجي، فيكتوريا كيتشنر. **تحليل البيانات:** لاريسا كوجليك. **التصميم الفني:** آليسدير ماكدونالد، كيت دنكان. **الموقع الإلكتروني والبيانات:** بوب إدنباك، أوليفييه لشوفالييه، نعومي ناكاهارا، باميلا سيا، بارت ريب، يورن إيشيكاوا، يوزين وانغ، جيوتي ميجليني، جيني باو، بول جليسر، أكيكو موراكامي، تاكيشي أوكي. **الإنتاج:** سو جراي، كارل سمارت، إيان بوب، مات كاري، مانبريت مانكو. **التسويق:** عادل جهادي، آلان آبري. **مدير المشروع:** اناستازيا بانوتسو. **المبيعات:** جون جولياني. **مدير فني:** كيلي باكهيت كراوس. **إدارة النشر:** نيك كامبل، ريتشارد هيوز، ديفيد سوينبانكس.

مؤشر Nature لعام 2016: المملكة العربية السعودية
مؤشر Nature لعام 2016، المملكة العربية السعودية، هو ملحق بدورية Nature، التي تُنشر من قِبل مجموعة Nature للنشر «NPG»، التي تُعتبَر قِسْمًا من «ماكميلان للنشر المحدودة». يعتمد هذا الإصدار على بيانات مأخوذة من مؤشر Nature، وهو موقع إلكتروني تابع لمجموعة Nature للنشر، ومتاح مجانًا على: natureindex.com.

مكاتب تحرير Nature
The Macmillan Building
4 Crinan Street,
London N1 9XW, UK
Tel: +44 (0)20 7833 4000
Fax: +44 (0)20 7843 4596/7

خدمة العملاء
للإعلان داخل مؤشر Nature؛ يرجى زيارة الموقع الإلكتروني:
natureindex.com/client-services
feedback@nature.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

خطوات ثابتة نحو ريادة إقليمية

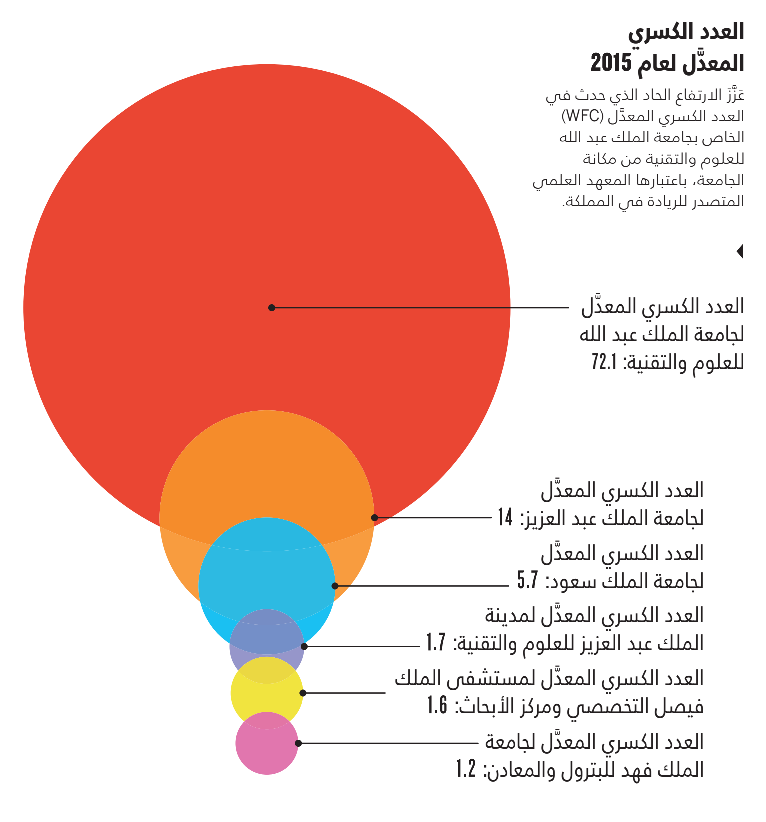
دفعت العلاقاتُ القوية مع العلماء الدوليين البارزين وكذلك اتفاقات التعاون الإقليمية والمحلية الهادفة المملكةَ العربية السعودية إلى مكانة رائدة في العالم العربي.

تخطيط النمو

تقود خمسة معاهد سعودية تَقَدُّمَ المملكة السريع في مجال العلوم، في ظل تَصَدُّر معاهد الشاطئ الغربي للمشهد. وقد تسببت تلك المعاهد في ارتقاء السعودية ثمانية مراكز في مؤشر Nature؛ لترتفع من المركز 39 في عام 2012 إلى المركز 31 في عام 2015.

العدد الكسري المعدَّل لعام 2015

عَزَّز الارتفاع الحاد الذي حدث في العدد الكسري المعدَّل (WFC) الخاص بجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية من مكانة الجامعة، باعتبارها المعهد العلمي المتصدر للريادة في المملكة.



1. ثول

تقع ثول على الساحل الغربي للمملكة، وهي مقر جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية للدراسات العليا، التي تأسست في عام 2009 بهبة مالية بلغت 20 مليار دولار أمريكي.

2. جدة

مدينة جدة هي ميناء رئيس على الساحل الغربي للمملكة، وهي مقر جامعة الملك عبد العزيز؛ وفي مؤشر Nature تظهر كواحدة من أسرع الجامعات صعودًا في المملكة.

3. الرياض

الرياض هي عاصمة المملكة العربية السعودية، وأكبر مدنها، وهي مقر مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المسؤولة عن وضع الاستراتيجية العلمية للدولة، وأيضًا جامعة الملك سعود، الجامعة الأقدم في المملكة.

4. الدمام

يقع "مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث" على الساحل الشرقي للمملكة في مدينة الدمام، وهو يتمتع بالشبكة الأقوى من المتعاونين المحليين والإقليميين بالدولة.

5. الظهران

تصبّ جامعةُ الملك فهد للبترول والمعادن في الظهران جُلّ تركيزها على علوم الكيمياء، وهي مقر وادي الظهران للتقنية. وتلك مبادرة تهدف إلى الربط بين البحث، والتصنيع.

الرياض

المنطقة الشرقية

صعود المملكة العربية السعودية

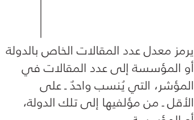
ارتفع العدد الكسري المعدَّل للمملكة بمعدل ثابت، بواقع 85% منذ عام 2012، مع سكون بسيط في عام 2014. ويُنْسب حوالي 90% من الناتج العلمي للمملكة في عام 2015 لجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، وجامعة الملك عبد العزيز.

العدد الكسري المعدَّل في عام 2012: 53
العدد الكسري المعدَّل في عام 2013: 77
العدد الكسري المعدَّل في عام 2014: 78
العدد الكسري المعدَّل في عام 2015: 99

- **جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية: 73%**
- **جامعة الملك عبد العزيز: 14%**
- **جامعة الملك سعود: 6%**
- **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية: 2%**
- **مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث: 2%**
- **جامعة الملك فهد للبترول والمعادن: 1%**
- **أخرى: 2%**

الناتج

ارتفع عدد مقالات المملكة العربية السعودية بشكل سريع على مدار السنوات الأربع الماضية، وذلك بفضل أوجه تعاون عالمية قوية.



AC

220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0

2015 2014 2013 2012

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

دليل المصطلحات:

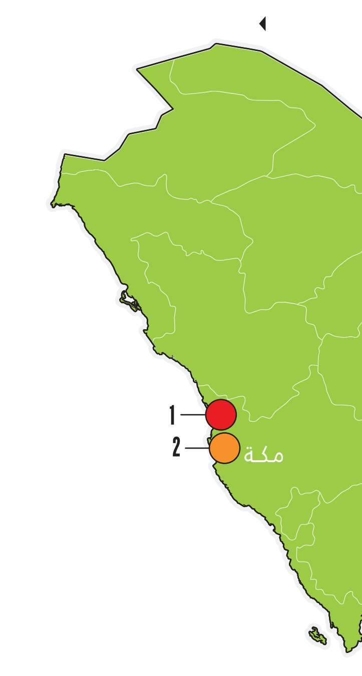
- جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (KAUST)
- جامعة الملك عبد العزيز (KAU)
- مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث (KFSH&RC)
- جامعة الملك سعود (KSU)
- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (KACST)
- جامعة الملك فهد للبترول والمعادن (KFUPM)

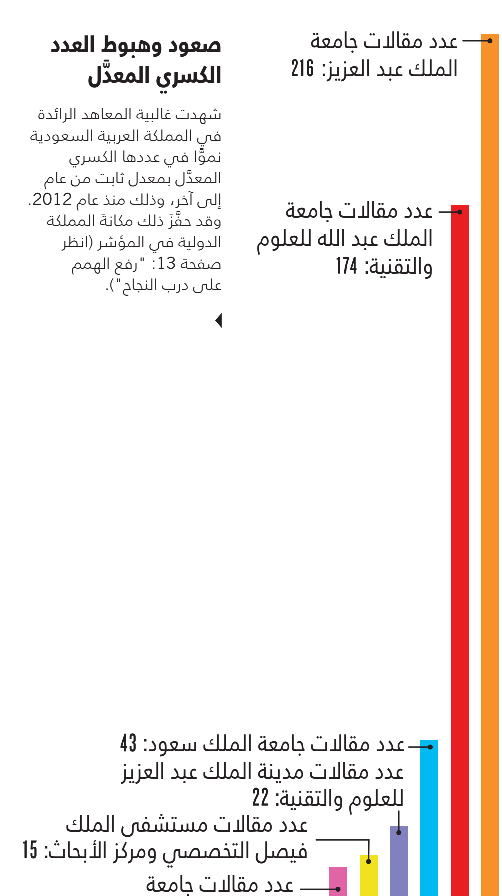
AC: عدد المقالات
CS: حاصل التعاون
WFC: العدد الكسري المعدَّل

قامت بتحليل البيانات لاريسا كوجليك.

عدد المقالات (AC):

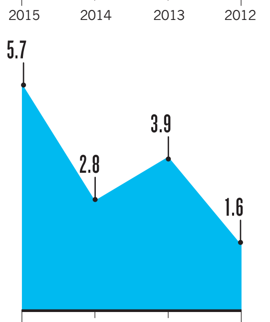
على الرغم من أن العدد الكسري المعدَّل لجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية يفوق ذلك الخاص بجامعة الملك عبد العزيز بخمسة أضعاف، إلا أن الأخيرة تتفوق على الأولى بعدد المقالات (AC) المنشورة لها في مؤشر Nature. وقد ساعدت أوجه التعاون الدولية القوية الجامعة على نشر 216 مقالًا في عام 2015. وتأتي جامعة الملك سعود في المرتبة الثالثة بخُمس عدد مقالات جامعة الملك عبد العزيز.

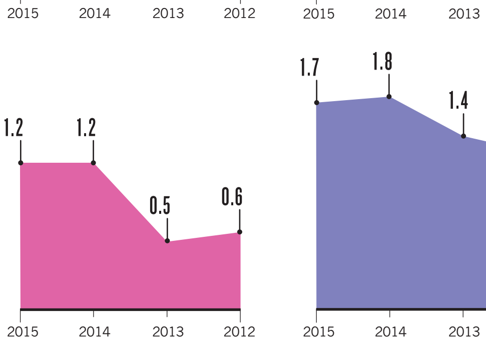




صعود وهبوط العدد الكسري المعدَّل

شهدت غالبية المعاهد الرائدة في المملكة العربية السعودية نموًّا في عددها الكسري المعدَّل بمعدل ثابت من عام إلى آخر، وذلك منذ عام 2012. وقد حفَّز ذلك مكانة المملكة الدولية في المؤشر (انظر صفحة 13: "رفع الهمم على درب النجاح").





1.2 | 1.2 | 0.5 | 0.6

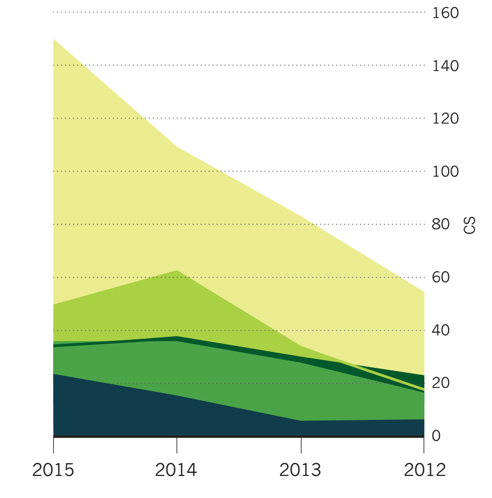
1.7 | 1.8 | 1.4 | 1.3

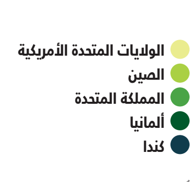
WFC

2015 | 2014 | 2013 | 2012

التعاون

ظل أبرز المتعاونين مع المملكة العربية السعودية تقريبًا كما هم، دون تغيُّر منذ عام 2012، حيث كانت الولايات المتحدة الأمريكية أكبر شريك بحثي للمملكة. وكانت أوجه التعاون مع الصين تزداد بشكل كبير، إلا أن وتيرتها انخفضت بعض الشيء في عام 2015.

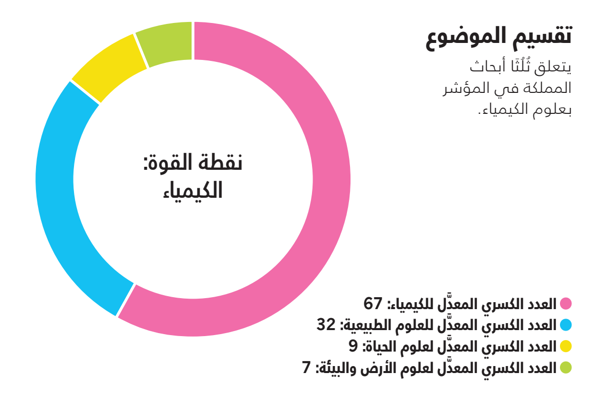




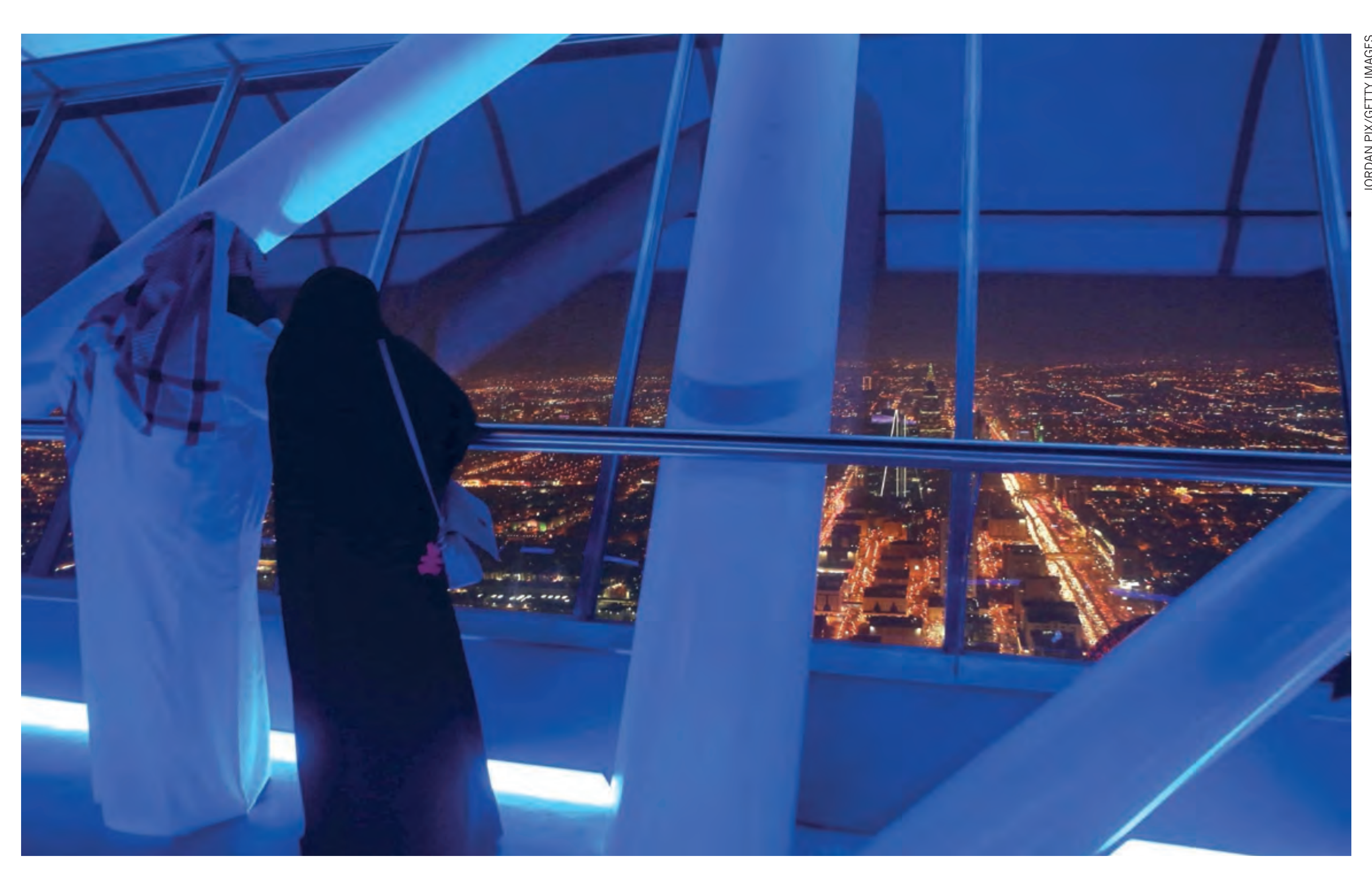
تُقاس معدلات حاصل التعاون* للناتج المستخلص من العلاقة الثنائية بين المملكة العربية السعودية وكل دولة شريكة فقط.

تقسيم الموضوع

يتعلق ثُلثَا أبحاث المملكة في المؤشر بعلوم الكيمياء.



قد تتداخل المجالات*. لذا.. قد يتجاوز إجمالي العدد الكسري المعدَّل لأحد المجالات إجمالي العدد الكسري المعدَّل للدولة.


JORDAN PIX/GETTY IMAGES

المشهد من برج المملكة في الرياض، العاصمة السعودية، والمركز الرئيس لالتزام الدولة المتجدد نحو العلوم.

تحوُّل القرن الواحد والعشرين

لدى المملكة العربية السعودية خطة واضحة لتنويع اقتصادها، بعيدًا عن مجال صناعة النفط؛ وذلك بُغْيَةَ خَلْق اقتصاد معرفيّ.

سدير الشوك

بينما يبحث العالَم عن مصادر صالحة للطاقة، كبديل للوقود الأحفوري بأنواعه، تسعى المملكة العربية السعودية جاهدةً للتنويع؛ كي تضمن رخاء مستقبلها، وتحِدّ من اعتمادها الاقتصادي على النفط. ففي عام 2002، أنشأت الحكومة السعودية الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار «معرفة»، وهي إطار عمل استراتيجي متطلع طويل المدى لإدارة التنمية العلمية بالدولة، وتحويل اقتصادها إلى اقتصاد معرفيّ. وقد تم تخصيص أكثر من 6 مليارات دولار أمريكي للمرحلة الأولى من الخطة، التي امتدت من عام 2008 إلى عام 2014.

إن الجهود التي تبذلها المملكة من أجل تحويل اقتصادها إلى اقتصاد معرفيّ تتم بقيادة مؤسسة العلوم الوطنية الخاصة بها ـ مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية «KACST» ـ المسؤولة عن تنفيذ الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار «معرفة». وقد وسَّعَت المبادرات المتطلعة التي دَشَّنَتها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ـ مثل مشروع الجينوم البشري السعودي ـ النطاقَ العلمي بالدولة.

وقد شَهِدَ المجال البحثي بالمملكة العربية السعودية تحولًا أيضًا، إثر بزوغ ونمو جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية «KAUST»، وهي جامعة بحثية للدراسات العليا، تأسست على شاطئ البحر الأحمر في عام 2009 على طراز الجامعات الغربية، مثل جامعة «كالْتِك» Caltech. يعتقد محمد الداودي ـ رئيس برنامج العلوم الكيميائية بالجامعة، والوكيل المساعد لمركز أبحاث الأغشية والمواد المسامية المتقدمة التابع لها ـ أن الجامعة تقدم مثالًا يُحتذى به للدول الأخرى بالمنطقة، ما يُعَدّ دليلًا على أن «الأبحاث الجيدة يمكن إجراؤها بفعالية وبكفاءة في أي مكان في العالم، إذا أُعطيت العقولُ المستنيرة الأدوات العالمية الضرورية للمنافسة».

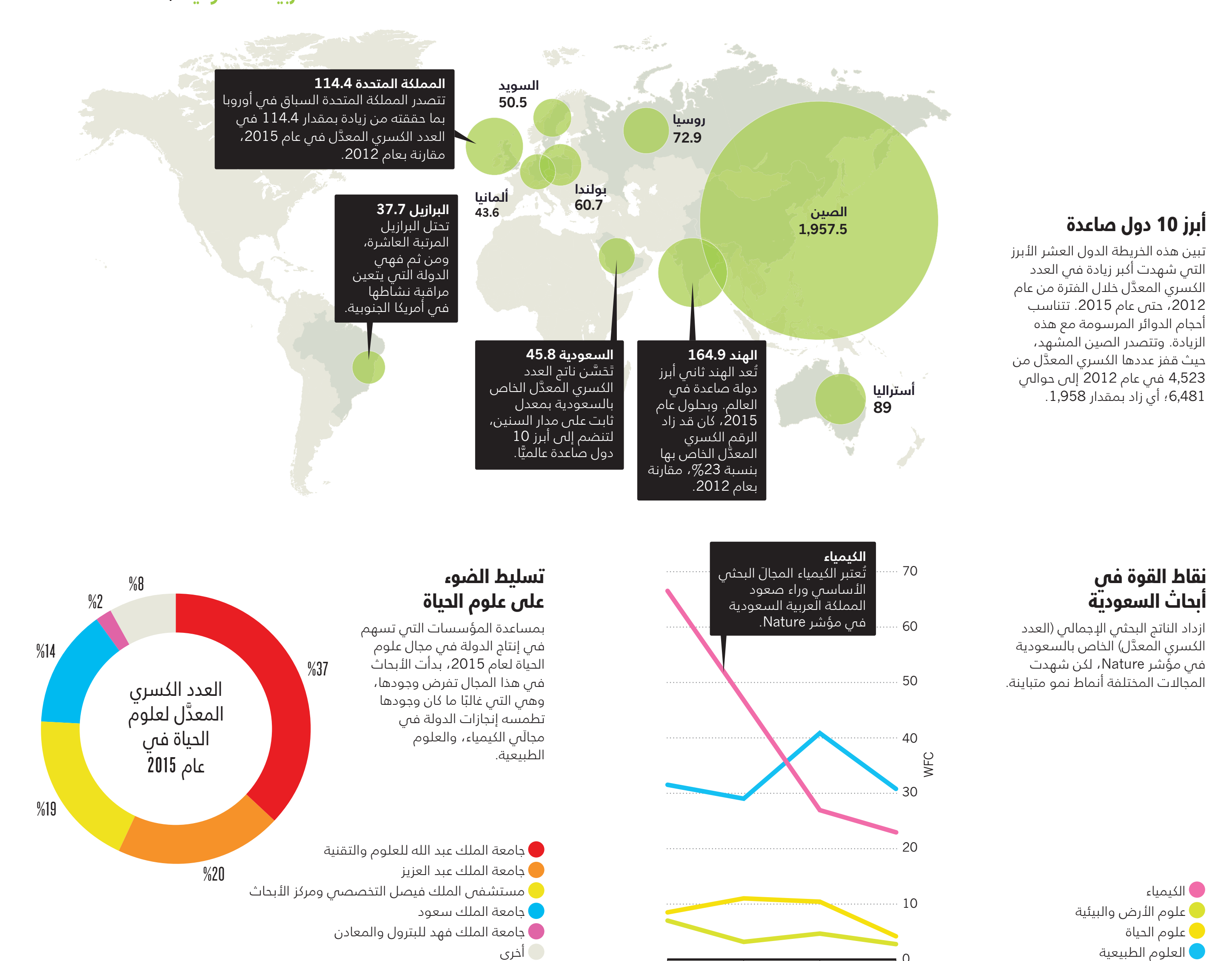
ويعكس مؤشر Nature ثمار تلك التطورات.. فعلى مدار السنوات الأربع الماضية، تَوَسَّع حضور المملكة في المؤشر بشكل سريع، وتجاوَز العدد الكسري المعدَّل (WFC) الخاص بها ـ الذي يقيس إسهامات المؤلفين في الأوراق العلمية التي يقوم المؤشر برصدها ـ أكثر من ضِعف ما كان عليه، مما وضع المملكة في المرتبة الثامنة ضمن المؤسسات ذات الزيادة الأكبر في العدد الكسري المعدَّل على مستوى العالم. وفي عام 2015، ارتبط 21 معهدًا سعوديًّا بمؤلفين ينشرون أبحاثهم في دوريات مؤشر Nature.

«إن ما حققته المملكة العربية السعودية في السنوات القليلة الماضية فاق توقعاتنا. ويكمن التحدي الآن في تحقيق الأهداف الجديدة للمراحل القادمة».

مجالات اكتشافية جديدة

لا عجب أن الصناعات البترولية تهيمن على اقتصاد المملكة، لكونها أكبر مصدر للنفط في العالم، حيث يُنسب إلى قطاع النفط حوالي نصف الناتج المحلي الإجمالي فيها، البالغ 750 مليار دولار أمريكي، والغالبية العظمى من صادرات الدولة. ومن شأن ذلك حتمًا أن يوجِّه أولوياتها البحثية. فقد أتت غالبية الأعداد الكسرية المعدَّلة الخاصة بالمملكة من العلوم الكيميائية والطبيعية، التي تمثل مجتمعةً حوالي 90% من ناتج الدولة في مؤشر Nature عام 2015. وشهد مجال الكيمياء تحديدًا صعودًا سريعًا على مدار السنين، حيث أطاح بالعلوم الطبيعية، وأتى في المقدمة في عام 2014، واستمر في التوسع في عام 2015. وقد عملت الجهود المبذولة لتوجيه المملكة نحو الاقتصاد المعرفيّ على استغلال نقاط القوة تلك واستثمارها، جانِيَةً ثمار المشروعات البحثية في مجالات علوم المواد المتقدمة، وتقنية النانو، وعلم الفوتونات.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ورغم تركيز الدولة الواضح على مجال الكيمياء، إلا أنها تعمل أيضًا على زيادة إنتاجها في مجال علوم الحياة، وكذلك علوم الأرض والبيئة. ومنذ عام 2012، تضاعفت الإسهامات في الأوراق البحثية المختصة بعلوم الحياة في المؤشر؛ وكان جزءًا كبيرًا من هذه الزيادة قد دفعته الأبحاث التي تُجرى في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، ومستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث.

وقد عَكَفَ مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث ـ الذي ينصَبّ تركيزه بشكل شبه حصري على أبحاث علوم الحياة ـ على زيادة أعداد الأوراق البحثية التي يشارك فيها أي من المؤلفين الملحَقين بالمستشفى، وكذلك زيادة الإسهامات التي يقدمونها. وفي عام 2012، أسهَم الباحثون في المستشفى في أربع أوراق بحثية فقط، دُرجت ضمن عدد مقالات المملكة العربية السعودية (AC)، وقد قفز هذا العدد إلى 15 في عام 2015. كما شَهِدَ إسهام المستشفى ـ بقياس العدد الكسري المعدَّل ـ زيادةً كذلك على مدار السنين، ولا سيما خلال الفترة ما بين عامي 2012، و2013.

وأوضح سلطان السديري ـ المدير التنفيذي لمركز الأبحاث بمستشفى الملك فيصل التخصصي ـ أسباب هذا التحول قائلًا: «يرجع الأمر إلى منصة أبحاث قوية، تم تأسيسها بمجموعة من الباحثين النابغين، وقدرات فنية ممتازة، وإشراف مناسب؛ لضمان أداء العمل بأفضل معايير. كان الدافع الأساسي هو توافر التمويل، من خلال الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار (معرفة) من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية». ويدير السديري أيضًا مشروع الجينوم البشري السعودي، الذي شجَّع على وجود أوجه تعاون محلية، ومَكَّنَ الباحثين المحليين من نشر أوراق بحثية ذات تأثير أعلى.

انضم عالِم الوراثة فوزان الكريع ـ المختص باكتشافات جينات الأمراض ـ إلى مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث في عام 2007، بعد أن تَدَرَّب في الولايات المتحدة الأمريكية. ومنذ ذلك الحين، أَسَّس شبكة موسعة من المتعاونين في شتى أرجاء الشرق الأوسط، الذين يوصِّلونه بالمرضى ذوي الأهمية للبحوث المجراة. يقول الكريع: «لقد أُتِيحَ لنا الحصول علي تَتَابُع الإكسوم الكامل في عام 2011. ومن هنا، أصبح لدى مَعْمَلِي القدرة على اكتشاف المزيد من الجينات، وصار بإمكاننا التعرف على جِين أو جِينَيْن في الأسبوع، بعد أنْ كان يَحْدُث ذلك في عام كامل». ومن خلال مشروع الجينوم البشري السعودي، يمتلك فريقه الحق في الوصول إلى الجيل التالي من تسلسل الجينوم بشكل مجاني وغير محدود تقريبًا.

وقد شهدت أيضًا جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية نموًّا كبيرًا في نتاجها في مجال علوم الحياة، حيث زاد عددها الكسري المعدَّل نحو ثلاثة أضعاف في الفترة ما بين عام 2012، وعام 2015. يقول بيير ماجيستريتي، عميد قسم العلوم الحيوية والبيئية في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية: «هذه هي طبيعة البحث العلمي، إذ يستغرق الحصول على نتائج مثمرة في مجال الأحياء سنوات عديدة. وحيث إنّ جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية قد تأسست في عام 2009، فالآن هو الوقت الأنسب الذي يمكن أن تتوقع فيه بدء ظهور عدد كبير من المنشورات في دوريات بارزة».

ويضيف ماجيستريتي قائلًا إنّ قِسْمه يركِّز حاليًّا على عدة نطاقات محورية؛ بغية تعظيم أثر الأبحاث التي يقومون بها مَن يعملون فيه. وهناك 11 مركزًا بحثيًّا في الجامعة، ينصَبّ تركيزها على الأبحاث التطبيقية في مجالات ذات أهمية قومية، كتحلية مياه البحر، وزراعة المناطق الصحراوية، والطاقة الشمسية؛ إلا أنه للباحثين في الأقسام الأكاديمية المختلفة في الجامعة الحرية المطلقة للخوض في أبحاث العلوم الأساسية.

وإضافة إلى تنمية المواهب محليًّا، تشجِّع جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية أوجه التعاون المثمرة. يقول ماجيستريتي: «مِن المهم أن يكون الباحثون الرئيسون نَشِطِين ومقيمين بالكامل هنا، لكنْ يمكنهم تحسين



ANASTASIA KHRENOVA/KAUST

باحثون بمركز أبحاث الأغشية المتطورة والمواد المسامية في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، تهدف أعمالهم إلى التحلية الفعالة لمياه البحر، ومعالجة مياه الصرف.

إمكاناتهم بالتعاون مع آخرين من الخارج». ويستطيع أولئك الباحثون الذين حصلوا على مِنَح من خلال برنامج المنح البحثية التنافسية الخاص بالجامعة مشاركةَ نسبة من أموال التمويل مع المتعاونين، إذا شاركوا في الطلب المقدَّم للحصول على المنحة، مما يمنح حافزًا لبناء شبكات دولية.

رعاية المواهب المحلية

لا يوجد مُنافِس للإنتاج البحثي الخاص بجامعة الملك عبدالله للعلوم والتنقية في المملكة سوى ذلك الخاص بجامعة الملك عبدالعزيز، إلا أن الجامعتيْن تخطِّطان لأنماط تعاون مختلفة إلى حد بعيد. فمنذ عام 2013، نشر باحثون منتمون إلى جامعة الملك عبد العزيز مقالات أكثر، مقارنةً بما صَدَرَ عن باحثي جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، إلا أن إسهام الجامعة في تلك الأبحاث ظل أقل نسبيًّا. وقد يشير ذلك إلى أن كثيرًا من منشوراتها قد نتج عن أوجه تعاوُن لم تلعب فيها الجامعة سوى دور صغير فحسب. وعلى الرغم من أن جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية قد أسهمت في عدد أقل من المقالات، إلا أن العدد الكسري المعدَّل الإجمالي الخاص بها لعام 2015 ـ البالغ 72 ـ يفوق ذلك الخاص بجامعة الملك عبدالعزيز، البالغ 14. ويُمثل هذا الرقم 73% من العدد الكسري المعدَّل المؤسسي الإجمالي للدولة. وتضع المؤسسات الضخمة في المملكة العربية السعودية ـ مثل جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، ومستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث ـ جُلّ جهدها في العمل التعاوني؛ لا للارتقاء باسم السعودية في المجال العلمي فحسب، بل للمساعدة أيضًا في بناء المواهب والقدرات المحلية، التي لا غِنًى عنها لتحقيق غاية المملكة بإقامة اقتصاد مَعْرِفِيّ.

يقول الداودي: «كانت مسألة وقت فحسب، وسرعان ما رأينا طُلّابًا محليين يصبحون مؤلفين أوائل في دوريات رائدة. فقد وُضع اسم طالبة سعودية باعتبارها المؤلف الأول لورقة بحثية مهمة، نشرتها مجموعتي مؤخرًا، وكان 95% من العمل قد أُنجز في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، وتَمَثَّلَ النشاط الوحيد الذي تم خارجها في استخدام منشأة سنكروترون في أوروبا فحسب». ويصف البحث ـ الذي نُشر في دورية «جورنال أوف ذا أميريكان كيميكال سوسايتي» *Journal of the American Chemical Society* في عام 2015 ـ هيكل مُصَنَّع من المعادن ومواد عضوية، يمكن استخدامه لتخزين الميثان في درجة حرارة الغرفة، ودرجات منخفضة من الضغط، وهي خطوة مهمة نحو الاستخدام الفعال للغاز، كوقود بديل نظيف.

«أكثر من 60% من طلبة الأحياء بجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية إناث، وكثير منهن سعوديات».

قد تكون المعرفة والمهارات المكتسبة من التدريب العلمي مفيدة، خاصةً للسعوديات اللائي يتعرضن لقيود ثقافية كبيرة في المملكة. يقول ماجيستريتي: «إن أكثر من 60% من طلبة الأحياء بجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية إناث، وكثير منهن سعوديات. أعتقد أن هذه مسألة إيجابية جدًّا».

في عام 2013، ارتفع إجمالي عدد الطلاب السعوديين الذين يدرسون بالخارج إلى 200 ألف طالب، حسب تصريحات منصور الغامدي، مسؤول التوعية العلمية والنشر بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. وتستفيد المملكة أيضًا من النقل المهم للمعرفة، عن طريق الطلاب العائدين إلى أرض الوطن. كما يشير الغامدي إلى أن كثيرين يعودون إلى السعودية كباحثين، يواصلون نشر أبحاثهم تحت إشراف مشرفيهم السابقين، بينما يطوِّرون ـ في الوقت نفسه ـ من خبراتهم إقليميًّا.

تحوُّلٌ يحمل تحديات

رغم هذه الإنجازات، لا تزال مسألة التحول إلى اقتصاد معرفي مسألة بعيدة المنال، بينما تستمر الصناعات المتعلقة بالنفط والبترول في لعب الدور المحوري في المملكة العربية السعودية. ولم ينعكس بعد أمرُ إعلاء أولوية البحث العلمي على ميزانية البحث والتطوير بالدولة، التي بلغت 0.3% فقط من الناتج المحلي الإجمالي لعام 2015، حسب تقرير أصدره «معهد باتيل التذكاري»؛ رغم أن الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار «معرفة» تدعو إلى زيادة هذه النسبة إلى 1.6% بحلول عام 2020.

وإضافة إلى ذلك.. فإن إنفاق الشركات الخاصة على البحث والتطوير ـ برغم أنه لا يخضع لرقابة ـ يُعَدّ محدودًا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ANASTASIA KHRENOVA/KAUST; KACST





يبحث مركز زراعة المناطق الصحراوية (على اليمين) التابع لجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية في الإمكانات الممكنة، مثل المحاصيل المقاومة للجفاف. ويظهر على اليسار أحد المعامل الموجودة في القرية الشمسية التابعة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، الواقعة على بعد 35 كم شمال مدينة الرياض.

جدًّا، حسب المعايير الدولية، كما يرى محمد خورشيد، الأمين العام للجنة التوجيهية للنظام الإيكولوجي السعودي للابتكار. ويسلِّط خورشيد الضوء أيضًا على الموارد الاجتماعية، باعتبارها تحديًا يواجه المملكة.كما يُنَبِّه إلى نَقْص اهتمام العامّة بالعِلْم، وإلى غياب الاهتمام المجتمعي بالتعليم، بينما لا بد للاقتصاد المعرفي أن ينمو ويتطور في كنف مجتمع معرفي. يعمل 23 شخصًا فقط ـ من أصل 100 ألف شخص ـ في مجال الأبحاث والتطوير، ويعمل شخص واحد فقط من بين 1,000 شخص، تتراوح أعمارهم بين 20 و34 عامًا، وتَخَرَّجوا من أقسام العلوم والهندسة؛ أي أقل من عُشْر نسبة نظرائهم في مجتمع متوسط المستوى في أي دولة من دول الاتحاد الأوروبي. وتمثل هجرة الكفاءات ـ إذ تنزح أكفأ العقول إلى الخارج ـ مشكلة جسيمة، حيث يهاجر 25% من خريجي أقسام العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات «STEM» إلى الخارج كل عام.

هذا.. وما زال المسؤولون متفائلين.. ولا يعتقد الغامدي أن نقص الموارد البشرية سيشكل مشكلة جسيمة، نظرًا إلى «التوسع غير المسبوق للسعودية في مجال التعليم العالي في السنوات القليلة الأخيرة»، مستشهِدًا بتوقعات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية «OECD» بأن المملكة العربية السعودية ستشهد

«هناك مبادرات تعاون لم تنجح بشكل كبير، لكن هناك دروس مستفادة منها».

زيادة بواقع ستة أضعاف في الشهادات الدراسية التي ما بعد المرحلة الثانوية بحلول عام 2030.

يقوم البرنامجُ المميز الخاص بجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية بتمييز الطلاب الواعدين في العام قبل الأخير من مرحلة التعليم الثانوي، ودَعْوَتهم إلى قضاء فصل الصيف بالجامعة، ثم السفر إلى الولايات المتحدة بمنحة من الجامعة بعد التخرج. يقضي الطلاب سنة تأسيسية في التعرف على النظام الأمريكي، قبل التقدم بطلب للالتحاق بأبرز الجامعات. وبعد استكمال دراساتهم الجامعية، يعودون إلى جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية؛ للبدء في الدراسات العليا. يقول ماجيستريتي: «إنه برنامج قَيِّم، ويستطيع أن يُخَرِّج طلابًا مؤهلين بشكل جيد».

الاتجاه نحو اقتصاد معرفي

بدعم مالي قوي، وبعودة علماء شباب كالكريع إلى أرض الوطن، ربما لا يكون هناك شك في أن الجامعات السعودية ستواصل تحسين إنتاجها البحثي بالتزامن مع نضج المعامل.

لقد شهدت المرحلة الأولى من الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار «معرفة» تأسيس الباحثين السعوديين للبِنْيَة التحتية المحلية، إلى جانب المشاركة في مبادرات تعاونية على مستوى العالم. يقول خورشيد: «هناك مبادرات تعاون لم تنجح بشكل كبير، لكن هناك دروس مستفادة منها، فإلى جانب نقل التقنية إلى المملكة، هناك جهود حثيثة أيضًا تُبْذَل لنقل التقنيات من الجامعات إلى القطاع الصناعي، ولو أن ذلك يُعتبر تحديًا كبيرًا».

ويساعد خورشيد في العمل من أجل مواجهة هذا التحدي، عن طريق بناء إطار عمل لدعم الابتكار في المملكة العربية السعودية. وقد لاحظ أنَّ رغم توافر المستثمرين السعوديين، إلا أنهم يميلون إلى تجنُّب المخاطر، ولا يحبِّذون تمويل الشركات الناشئة التي تتصدر التكنولوجيا عملها.

وللتغلب على ذلك.. أَسَّسَت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية برنامج «بادر» لحاضنات التقنية، الذي يهدف إلى تشجيع الشركات الناشئة المبتكِرة. وقد أتمَّت شركات عديدة البرنامجَ بالفعل، ومن بينها الشركة التي قامت بتطوير ضمادة جراحية لِقُرَح القدم السكري من أحد منتجات النفايات الصناعية المستخلَص من قشور القريدس.

وتدعو المرحلة الثانية من الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار «معرفة» ـ التي بدأت في عام 2015، وسوف تمتد حتى عام 2019 ـ المملكة العربية السعودية إلى العمل على استكمال عمليات التطوير التي تمت في البِنْيَة التحتية، وفي القدرات القومية؛ لتجعل من المملكة دولة رائدة إقليميًّا في مجالات العلوم والتقنية والابتكار. وسيتطلب ذلك تركيزًا مستمرًّا على البحث، وعلى الحصول على براءات اختراع، إلى جانب برنامج قوي لنقل التقنية إلى القطاع الخاص، إضافة إلى جهد مكثف لتطوير الموارد البشرية في المملكة.

يقول الغامدي: «إن ما حققته المملكة العربية السعودية في السنوات القليلة الماضية فاق توقُّعاتنا. ويكمن التحدي الآن في تحقيق الأهداف الجديدة للمراحل القادمة».

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

العدد الكسري المعدَّل لسنة 2015: **72.06** عدد المقالات لسنة 2015: **174**

التصنيف العالمي في مؤشر Nature لسنة 2015: **174**

الوصول إلى مرحلة النضج

تأسست جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية على يد العاهل السعودي الراحل الملك عبدالله بن عبدالعزيز آل سعود في عام 2009، بهبة مقدارها 20 مليار دولار أمريكي، بهدف إنشاء مؤسسة عالية المستوى للعلماء المهرة الشغوفين لإجراء بحوث علمية متقدمة. وكان التصور المتعلق ببناء هذه الجامعة هو أن تكون الجامعة بمثابة «بيت الحكمة» في العصر الحديث.. ذلك المركز الفكري عظيم الأثر، الذي ظهر في العصر الذهبي للإسلام، الذي امتد من القرن التاسع، حتى القرن الثالث عشر.

يقع الحرم الجامعي على ساحل البحر الأحمر، وهو يشمل منشآت أساسية غير عادية، توفِّر البِنْيَة التحتية اللازمة لإجراء بحوث ترتقي إلى المستوى العالمي. يقول بيير ماجيستريتي: «المتوقَّع من العلماء هنا في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية هو أن يحققوا إنجازًا يُحْدِث فارقًا». وتشجع المؤسسة كبار الباحثين؛ للحصول على مِنَح بحثية، لكنهم يتلقّون أيضًا تمويلًا أساسيًّا سخيًّا يمنحهم الحرية في العمل على إجراء بحوث مبتكرة، مِن شأنها أن تتمخَّض عن اكتشافات تُحْدِث ثورة علمية.

نقطة القوة: الكيمياء

- العلوم الطبيعية: العدد الكسري المعدَّل لعام 2015: 24.6
- الكيمياء: العدد الكسري المعدَّل لعام 2015: 51.4
- علوم الأرض والبيئة: العدد الكسري المعدَّل لعام 2015: 5.2
- علوم الحياة: العدد الكسري المعدَّل لعام 2015: 3.2

• قد تتداخل المجالات.. ولذا.. قد يتجاوز إجمالي العدد الكسري المعدَّل لأحد المجالات العدد الكسري المعدَّل الإجمالي للدولة.





KAUST

المختبرات الرئيسة التابعة لجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية في الحرم الجامعي الحديث على شاطئ البحر الأحمر. ويُعَدّ هذا الحرم بمثابة مختبر طبيعي للدراسات البحرية.

جامعة الملك عبدالعزيز

العدد الكسري المعدَّل لسنة 2015: **14.43**

عدد المقالات لسنة 2015: **216**

التصنيف العالمي في مؤشر Nature لسنة 2015: **601**

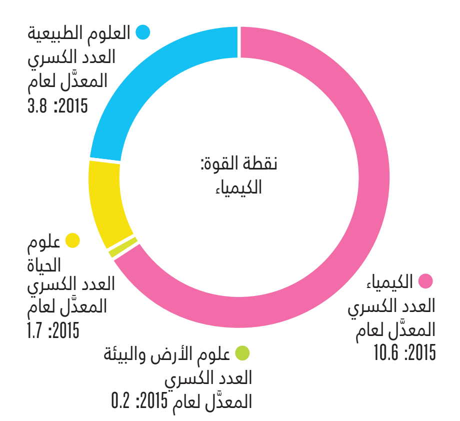


KAU

الأحرام الجامعية لجامعة الملك عبدالعزيز تفصل بين الجنسين؛ فلكلٍّ منهما حرم منفصل.

بناء الجسور

تُعتبر جامعة الملك عبدالعزيز من المراكز العلمية الرائدة في المملكة، حيث يدرس بها أكثر من 80 ألف طالب وطالبة في أحرام منفصلة للذكور، وأخرى للإناث. وقد ضاعفت الجامعة إجمالي إنتاجها من الأبحاث بحوالي ثلاثة أضعاف، حسب قياس العدد الكسري المعدَّل، وذلك في دوريات متضمَّنة في المؤشر بين عامَي 2012، و2015؛ غير أنها ما زالت تعتمد اعتمادًا كبيرًا على أوجه التعاون الخارجية، وهو ما استمر بقوة على مدار السنوات القليلة الماضية.



يقول عادل الأحمدي، المشرف العام على الشؤون العلمية بمكتب وكيل الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي: «لقد مَكَّن برنامجُ العلماء المتميزين الخاص بالجامعة المئات من المتعاونين العالميين من القيام بزيارات، وإجراء أبحاث، وإلقاء محاضرات، مما زاد من أوجه التعاون مع الجامعات حول العالم». وتريد الجامعة في المستقبل أن تزيد التمويل المُوَجَّه إلى التعاون المحلي، مع احتفاظها بالتركيز على البحوث عالية الأثر. ويضيف: «ستُعطَى الأولوية لحل المشكلات المحلية، مع حصول الفِرَق البحثية التي يقودها باحثون محليون بارزون على دعم أقوى».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جامعة الملك سعود

العدد الكسري المعدَّل لسنة 2015: **5.7**
عدد المقالات لسنة 2015: **43**

التصنيف العالمي في مؤشر Nature لسنة 2015: **1025**

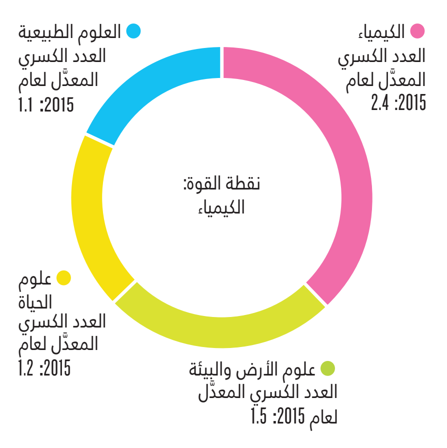


KARL-JOSEF HILDENBRAND/DPA/PA IMAGES

جامعة الملك سعود بالرياض.

رائد محلي

تأسست جامعة الملك سعود في عام 1957، وهي بذلك أول جامعة سعودية، وتشكِّل نحو ربع الناتج العلمي للمملكة. وحتى عام 2014، كان معدل إنتاجها السنوي من الأوراق البحثية أعلى من أي معهد آخر في المملكة، حتى تَخَطَّتْها جامعة الملك عبدالعزيز. وعلى الرغم من دورها الريادي في المملكة، تحتل جامعة الملك سعود تصنيفًا يقِلّ عن جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، وجامعة الملك عبدالعزيز في مؤشر Nature، نتيجة لمحور تركيز استراتيجيتها البحثية.



يقول رشود الخريف، عميد البحث العلمي بجامعة الملك سعود: «دعمًا للخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار (معرفة)، تستهدف جامعة الملك سعود المجالات البحثية الأساسية، التي تشمل البحوث المستوحاة من الاستخدامات. ولا تتفق هذه المجالات في العموم مع مجموعة الدوريات التي يرصدها مؤشر Nature». ويضيف قائلًا: «وإضافة إلى ذلك.. جزء كبير من الإنتاج البحثي للجامعة يتم إصداره على هيئة مقالات، أو كُتُب تنشر باللغة العربية، ومن ثم لا تتم فهرستها من قِبَل موقع ‹ويب أوف ساينس Web of Science›».

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

العدد الكسري المعدَّل لسنة 2015: **1.71**
عدد المقالات لسنة 2015: **22**

التصنيف العالمي في مؤشر Nature لسنة 2015: **1732**

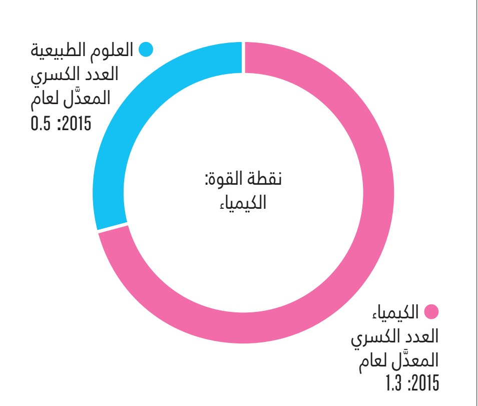


KACST

تَصَوُّر لشكل مركز المعرفة التابع لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

قوة هادية

تُعَدّ مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بمثابة مختبرات المملكة الوطنية ووكالتها العلمية. وعلى الرغم من أن مخرجاتها المباشرة مسؤولة فقط عن جزء ضئيل من عدد المقالات (AC) الخاص بالمملكة العربية السعودية، إلا أنها تلعب دورًا محوريًّا في تنسيق وتيسير البحوث في كل أرجاء المملكة. وتتولى مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية المسؤولة عن إدارة السياسة العلمية في المملكة، وتمويل البحث العلمي، وإنشاء وصيانة البِنْيَة التحتية لدعم البحث العلمي.



يقول عبدالعزيز السويلم، نائب رئيس مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لدعم البحث العلمي: «لقد قمنا بتحديد أهم المجالات البحثية بالنسبة إلى المملكة العربية السعودية، ونخطط الطريقة التي يجب علينا التصدي من خلالها لكل منها، كي نحدِّد الاقتصاد المعرفي».

وقد أسست المدينة مراكز بحثية، ينصّبّ تركيزها على نطاق واسع من الموضوعات، فضلًا عن مبادرات كبرى، مثل مشروع «الجينوم البشري السعودي». كما تروِّج المدينة أيضًا للاستغلال التجاري للبحوث العلمية، عن طريق مشروعات مثل مشروع ‹بادر› لحاضنات التقنية، من خلال مركز تطوير التكنولوجيا التابع لها.

مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث

العدد الكسري المعدَّل لسنة 2015: **1.64**
عدد المقالات لسنة 2015: **15**

التصنيف العالمي في مؤشر Nature لسنة 2015: **1762**



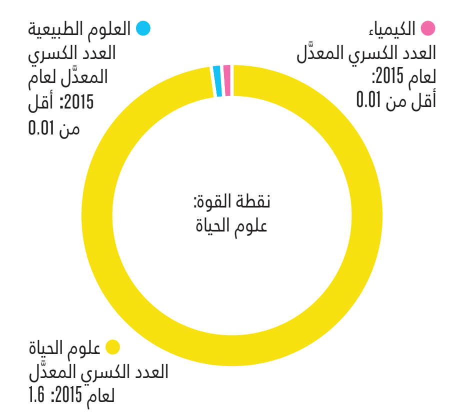
EPA/ALAMY

مستشفى الملك فيصل التخصصي في جدة.

جينات وجينومات

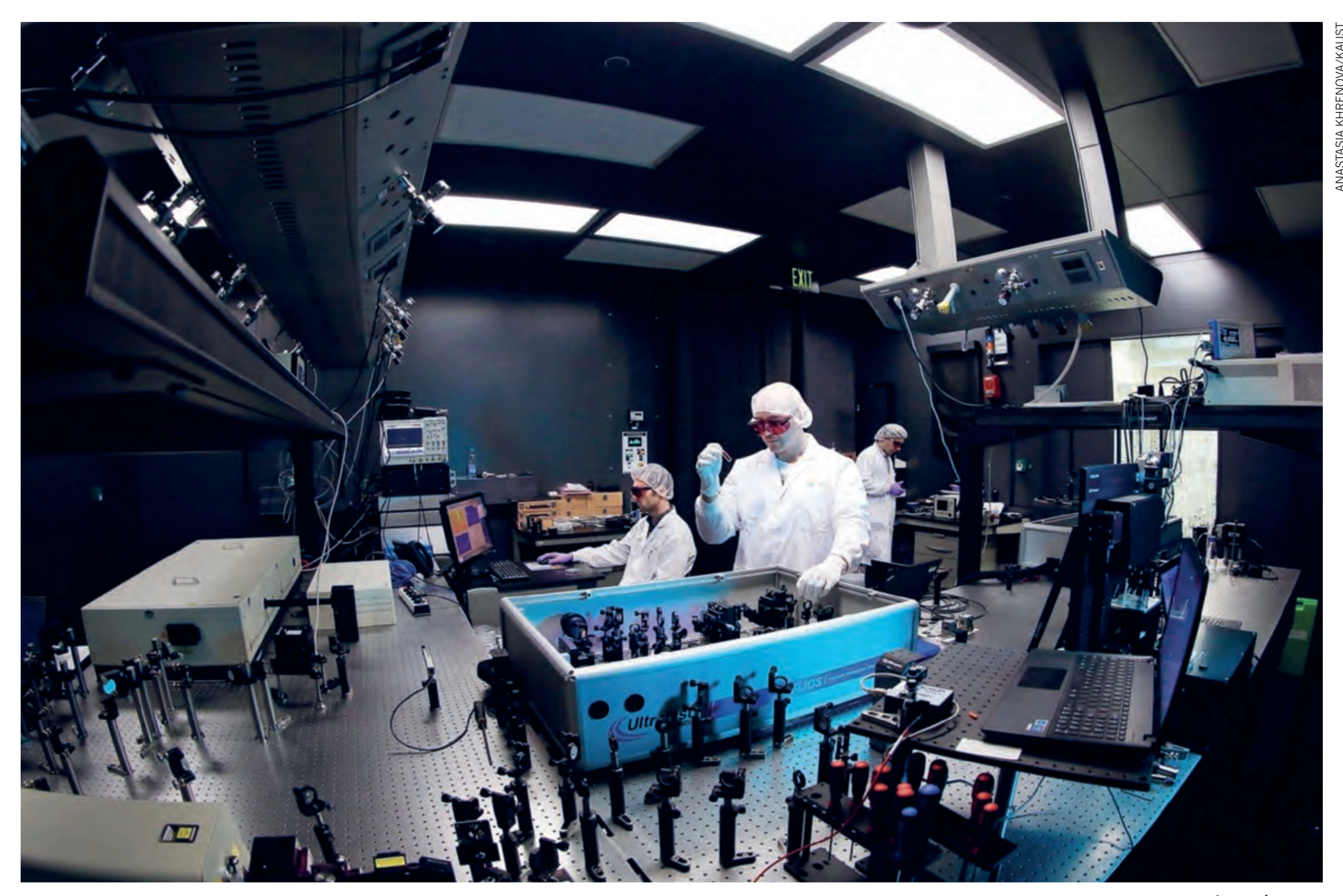
تأسَّس مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث في عام 1975، وهو من المعاهد الطبية والأكاديمية الرائدة في المملكة العربية السعودية. يقوم المستشفى بدور مركز الإحالة والبحوث الوطني للأورام، وعمليات نقل الأعضاء، وأمراض القلب والأوعية الدموية، والأمراض الوراثية.

يضم المستشفى أيضًا واحدًا من مختبرات التسلسل عالية الإنتاج الخاصة بمشروع الجينوم البشري السعودي. ومعروفٌ أنّ زواج الأقارب يشكِّل أكثر من



نصف الزيجات في المملكة، حيث يؤدي ذلك إلى معدلات عالية من الأمراض الوراثية في المجتمع. ويتيح هذا التفشي للأمراض الوراثية فرصة بحثية ثرية لاكتشاف الجينات المؤدية إلى هذه الأمراض. وقد ابتكر الباحثون في مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث «لوحة جينية» تقوم باختبار 3 آلاف جين؛ لاكتشاف الاضطرابات الوراثية في المرضى.

يقول سلطان السديري: «هناك تفاعل إكلينيكي وبحثي قوي جدًّا. ونتيجة لذلك.. لدينا مؤسسة راقية تبحث في أمراض فريدة من نوعها، ولديها القدرة على توفير عيِّنات محددة إكلينيكيًّا تحديدًا جيدًا، ثم تشريحها حسب النمط الجيني». ■



ANASTASIA KHRENOVA/KAUST

يُعَدُّ «مركز أبحاث هندسة الطاقة الشمسية والخلايا الضوئية» في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية رافدًا من روافد عديدة تصب في سعي الجامعة لإيجاد مصادر بديلة للطاقة.

الاستغلال الأمثل للقدرة المالية

في منطقة تموج بالاضطرابات، تسعى المملكة العربية السعودية إلى تحقيق الاستفادة القصوى من حالة الاستقرار النسبي التي تتمتع بها، ومن ثروتها العظيمة من الموارد.

باكينام عامر

في منطقةٍ تمزِّقها الصراعات، تمتلك قلة قليلة من دول الشرق الأوسط القدرة المالية والسياسية على وضع مسألة توسيع نطاقات البحث العلمي على رأس أولوياتها. ورغم ذلك.. فالمملكة العربية السعودية بصدد الاستفادة حاليًّا من التدفق الكبير لعائدات النفط؛ من أجل تمويل نهضة بحثية، تهدف إلى أن تصبح المملكة رائدة علميًّا على المستوى الإقليمي.

على مدار العقد الماضي، شهدت بيئة البحث العلمي في المملكة العربية السعودية تغيُّرًا جذريًّا، ليس فقط من ناحية تعظيم الإنفاق، وإنما أيضًا في طريقة إجراء الأبحاث. فقد أنشأت المملكة مراكز بحثية عصرية متطورة، وأقامت علاقات مع مؤسسات بحثية أجنبية مرموقة، كما قامت بتطوير استراتيجية علمية طموحة، تمتد حتى عام 2030.

وقد بدأت هذه الرؤية تؤتي ثمارها، فقد حققت المملكة معدَّل النمو الأسرع في العدد الكسري المعدَّل «WFC» في منطقة الشرق الأوسط، متفوقةً على جميع دول المنطقة. فمنذ عام 2012، ارتفع العدد الكسري المعدَّل للمملكة لأكثر من الضعف، من 46 إلى 99 بحلول عام 2015.

ريادة عربية

لا تواجِه المملكة ـ الغنية بالنفط ـ منافسة شديدة من جانب جاراتها من الدول العربية. ورغم أن القطاع البحثي يشهد نموًّا فعليًّا في دولتي الإمارات العربية المتحدة، وقطر، إلى جانب أنّ هناك جامعات غربية عريقة شرعت تنشئ لها فروعًا في هذين البلدين، لكن دولة الإمارات العربية المتحدة تأتي في المرتبة الثانية، حيث العدد الكسري المعدَّل لها 12، بفارق شاسع بينها وبين المملكة العربية السعودية المتصدِّرة.

تواجِه المملكة العربية السعودية ـ بعيدًا عن جيرانها المتاخمين ـ منافسة إقليمية أكثر حِدَّة

وعلى الرغم من أن مصر ظلت لفترة طويلة هي الرائدة في مجال البحث العلمي على المستوى الإقليمي، إلا أن الاضطرابات السياسية التي عانتها البلاد مؤخرًا عرقلت حركة البحث العلمي، حيث تعرَّض العدد الكسري المعدَّل للرائدة السابقة للمنطقة لحالة من التراجع؛ قادتها إلى المرتبة الثالثة على المستوى العربي، خلف الإمارات، بعدد كسري معدَّل بلغ 9 في عام 2015، حيث لم تتمكن أي مؤسسة من المؤسسات الجديدة ذات التقنية العالية في مصر ـ مثل مدينة زويل للعلوم والتكنولوجيا ـ أو المعاقل العلمية العريقة ـ مثل جامعة القاهرة ـ من منافسة ذلك السيل من الفُرَص والمِنَح والمشارَكات البحثية في المملكة العربية السعودية.

أمّا في دول عربية أخرى، فقد أَجْهَضت الصراعاتُ الفرصَ المتاحة أمام تلك الدول لرعاية الجهود العلمية، مع خسارة كثير من هذه الدول للبِنْيَة التحتية، والتمويل، والخبرة المطلوبة لإقامة مشروعات بحثية، أو حتى لتوفير مستوى مناسب من التعليم الأساسي.

وعلى النقيض من ذلك.. فوِفْقًا لما أوردته إدارة البحث والتحليل بوزارة الخارجية البريطانية، خَصَّصت المملكة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

العربية السعودية 25% من إجمالي ميزانيتها في عام 2015 للتعليم، بما يعادل أكثر من 54 مليار دولار أمريكي، وتضمنت تلك النسبة المئوية من ميزانيتها إنشاء ثلاث جامعات جديدة في جدة، وبيشة، وحفر الباطن، إضافة إلى عملية تجديد كبرى للجامعات القائمة، ورفع مستوى المئات من المدارس الجديدة.

منافِسون إقليميون

تُوَاجِه المملكةُ العربية السعودية ـ بعيدًا عن جيرانها المتاخمين ـ منافسةً إقليمية أكثر حدة، وبخاصة من تركيا، وإيران، ولكنْ رغم ذلك.. تمضي المملكة قُدُمًا إلى الأمام بشكل سريع في مجالات عديدة.

ففي عام 2015، نجحت المملكة من جديد في تخطِّي هذين البلدين؛ مما جعلها تتصدر البلدان الثلاثة فيما يتعلق بناتج العدد الكسري المعدَّل على المؤشر. وحققت المملكةُ عددًا كسريًّا معدَّلًا أكبر مما حققتاه إيران وتركيا بنحو 45%، وهي أيضًا الأكثر إنتاجًا بين الدول الثلاث بالنسبة إلى مجمل الأوراق البحثية المنشورة في دوريات يتضمنها المؤشر، حيث أسهمت بحوالي 479 مقال علمي في عام 2015.

ومن هنا، تحتل المملكة صدارة الدول الثلاث بفارق مريح فيما يتعلق بالنمو، حيث زاد عدد الكسري المعدَّل لها بنسبة 87% في الفترة من 2012 حتى 2015؛ ما يعني تواصُل صعودها بمعدل أسرع من إيران، التي تراجعت بنسبة 4%، وتركيا التي نمت بنسبة 8% خلال الفترة نفسها. وقد تكون هذه الزيادة مؤشِّرًا على أن البلد بدأ بالفعل يحصد ثمار استثماراته.

> **«وضعنا أهدافًا مستقبلية لمدة 25 عامًا؛ لإحداث تأثير إقليمي ودولي في مجال البحث العلمي».**

لذا.. لا عجب أن تحتل المؤسسات السعودية مركز الصدارة بين منافسيها الإقليميين، إذ تتصدر جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية «KAUST»، وجامعة الملك عبدالعزيز قائمة المؤسسات العلمية العشر الأفضل في المنطقة، وتحلّ بعدهما ثلاث جامعات تركية، وخمس جامعات إيرانية، في حين لم تضم القائمة أيَّ مؤسسات علمية من أي دولة عربية أخرى.

أولويات بحثية

تمثِّل المجالات البحثية التي تركِّز عليها المملكة جزءًا من الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار «معرفة»، التي تمت صياغتها في عام 2008، بحيث توجِّه مسيرة البلاد البحثية حتى عام 2030.

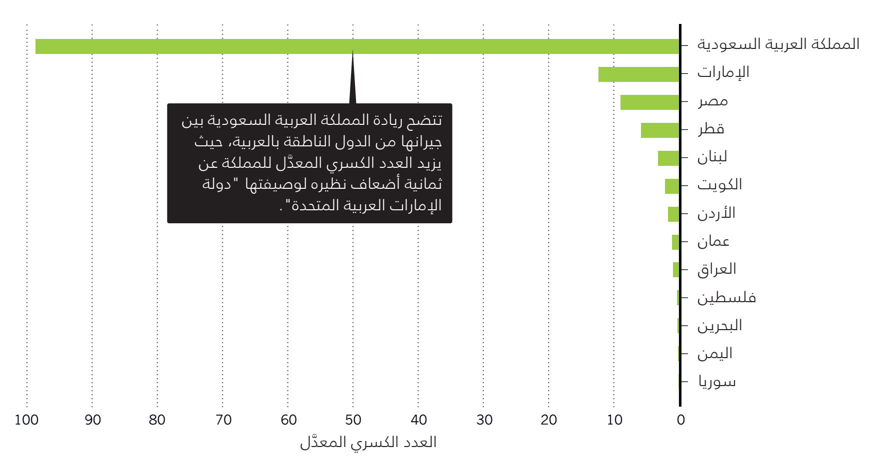
ومنذ ذلك الحين، شهد قطاع البحث والتطوير نموًّا كبيرًا، وفقًا لما ذكره منصور الغامدي، المشرف على الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. يتوقع الغامدي أن يستمر ذلك النمو على نحو مطَّرد على مدار السنوات القادمة، حيث تهدف المرحلة الأولى من الخطة إلى وضع المملكة العربية السعودية في مرتبة الرائد الإقليمي، وقد خطت المملكة بالفعل خطوات واسعة على مدار السنوات الأربع الماضية نحو تحقيق ذلك المطمَح، كما نرى في المؤشر.

يقول ناصر العقيلي، عميد البحث العلمي في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن: «لقد وضعنا أهدافًا مستقبلية لمدة 25 عامًا؛ لإحداث تأثير إقليمي ودولي في مجال البحث العلمي، ولكنْ بدلًا من تمويل كل شيء، مَنَحْنَا الأولوية لـ13 مجالًا بالتحديد».

ومِن بين هذه المجالات ذات الأولوية.. المجالات التقنية،

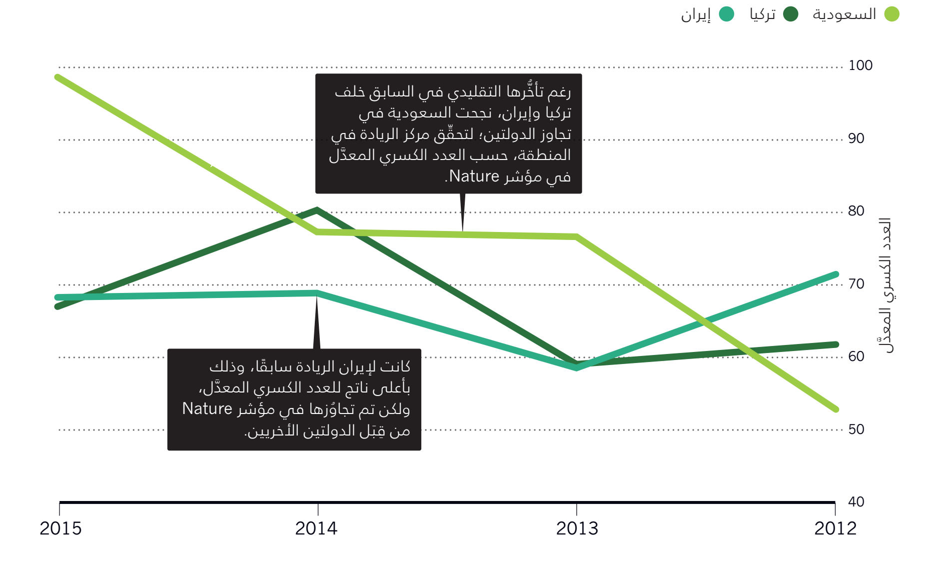
العالم العربي في مؤشر NATURE

يوضح هذا الشكل البياني العدد الكسري المعدَّل "WFC" لعام 2015 للمملكة العربية السعودية، وجاراتها من الدول الناطقة باللغة العربية في شبه الجزيرة العربية، وما حولها.



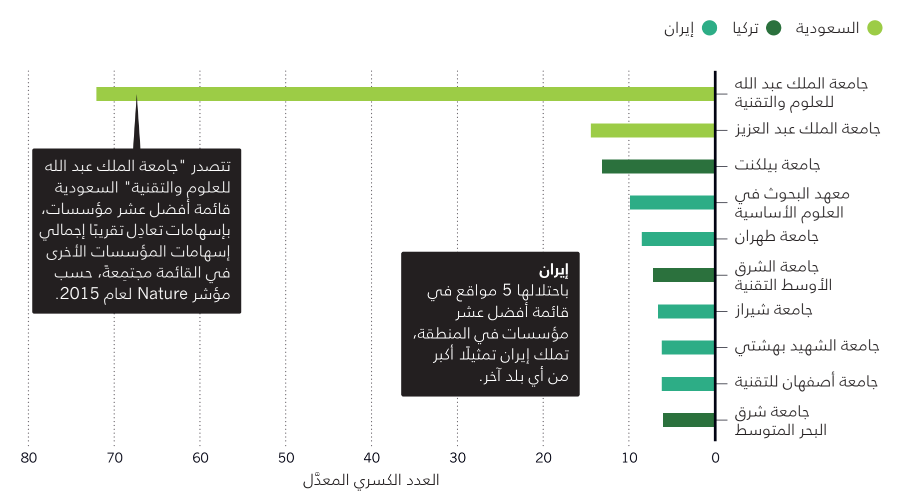
صعود وهبوط القُوَى الإقليمية

شهدت القوى التقليدية الراعية للعلوم على المستوى الإقليمي ـ إيران، وتركيا، والمملكة العربية السعودية ـ تغيرًا في مواقعها النسبية على مؤشر Nature بمرور السنين. ويوضح الشكل أدناه التسلسل الزمني لناتج العدد الكسري المعدَّل للدول الثلاث منذ عام 2012.



التحليق عاليًا

يُنظر إلى إيران، وتركيا، والسعودية على أنها دول رائدة في مجال البحث العلمي في المنطقة. وفيما يلي أدناه قائمة بأفضل عشر مؤسسات في البلدان الثلاثة، حسب العدد الكسري المرجَّح في مؤشر Nature لعام 2015.





ANASTASIA KHRENOVA/KAUST



KAU



KAU

مجموعة من مهندسي الميكانيكا ومهندسي المصانع، أثناء تأديتهم أعمالهم في جامعة الملك عبدالعزيز (إلى اليمين) و«مركز أبحاث هندسة التنقيب عن النفط، وإنتاجه» بجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (إلى اليسار).

حسبما يوضح العقيلي. وتتمثل الخطة في تخصيص الجزء الأكبر من احتياطيات التمويل الضخمة المرصودة للبحث العلمي لهذه التخصصات ذات الأولوية؛ للإسهام في إحداث فارق. ومن الواضح أن صناعة النفط الضخمة في المملكة تقود محور التركيز العلمي للبلاد. ويبلغ الناتج العلمي للمملكة أعلى معدلاته في مجال الكيمياء، حيث شهدت الفترة ما بين عامي 2012، و2015 نمو العدد الكسري المعدَّل للمملكة في مجال الكيمياء بنسبة 190%، وهي الزيادة الأعلى لأي بلد في منطقة الشرق الأوسط في أي مجال تخصُّص يتتبَّعه مؤشر Nature. ويبلغ العدد الكسري المعدَّل الذي حققته المملكة في عام 2015 في مجال الكيمياء 67؛ مما يضعها في مرتبة تسبق تركيا، وإيران، ومصر، ودولًا عربية أخرى من جيران المملكة بشكل كبير.

يقول العقيلي: «إن النشر في مجال الكيمياء أسهل منه في مجالات أخرى، لأن مجال الكيمياء يثير اهتمام القطاع الصناعي هنا، مما يجعل تمويله أكثر سهولة». ويضيف العقيلي قائلًا إنّ عِلْم المواد أيضًا يتلقَّى تمويلًا متزايدًا.

ولا تَسبِق بحوث العلوم الفيزيائية في المملكة سوى بحوث الكيمياء. ومع ذلك.. ظل الناتج البحثي في هذا المجال متأرجحًا، يحوم العدد الكسري المعدَّل له حول 30. وفي عام 2015، تَرَاجَع العدد الكسري المعدَّل للمملكة العربية السعودية، حيث بلغ 32، خلف تركيا، التي حققت العدد الكسري 34، وكذلك خلف إيران، التي أحرزت العدد الكسري 53.

كما شهد الناتج البحثي في مجال علوم الحياة نموًّا سريعًا على مدار الأعوام الأربعة الماضية، حيث تضاعَف العدد الكسري المعدَّل لهذا المجال المحقَّق في عام 2012؛ ووصل إلى 8.5 في عام 2015. ورغم ذلك.. ومقارنةً بالأوراق البحثية التي نُشرت في هذا التخصص، والتي تَخَطَّت المئةَ ورقة بحثية بورقتين بحثيَّتين، فهو المجال الأقل من حيث المشارَكة النسبية للمؤلفين بين المجالات الأربعة جميعها، إذ تبلغ نسبة المشارَكة 8% لكل ورقة بحثية، وهو اتجاه ملحوظ في بلدان أخرى في المنطقة.

> «مجال الكيمياء يثير اهتمام القطاع الصناعي هنا، مما يجعل تمويله أكثر سهولة».

وشهدت أيضًا علوم الأرض، والعلوم البيئية ـ التي حظيت بتقدير منخفض من جانب المؤسسات في المنطقة ـ نموًّا مفاجئًا في الآونة الأخيرة. وبعد ثلاثة أعوام من التأرجح، زاد الباحثون السعوديون من الناتج البحثي للمملكة في هذا المجال بنسبة 153% في عام 2015، مقارنةً بعام 2012؛ مما جعلها تسبق تركيا بفارق طفيف.

وفي جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، لا تزال علوم الأرض من المجالات الناشئة، وذلك حسب ما يقوله جيه. كارلوس سانتامارينا، أستاذ علوم الأرض والهندسة بالجامعة، ولكنها ـ مع ذلك ـ تشهد نموًّا.

يقوم الباحثون في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية باستكشاف مجموعة متنوعة من الموضوعات، من بينها التيارات والصدوع العميقة في البحر الأحمر، وعلم البراكين والنشاط الزلزالي، وكذلك ظاهرة الغبار، وعلوم الغلاف الجوي.

يقول سانتامارينا: «من الواضح أن جميع هذه التخصصات بالغة الأهمية في المملكة العربية السعودية. والمعرفة التي تتولد في تلك المجالات تواكب المعرفة على المستوى العالمي».

هذا.. وتتشكل الأولويات البحثية للمملكة بناءً على احتياجاتها، وجهودها لاستغلال مواردها وثرواتها الطبيعية الاستغلال الأمثل، مع الاهتمام بمصادر الطاقة البديلة الناشئة. وتركِّز المرحلة القادمة من الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار «معرفة» كذلك على الربط بين البحث العلمي، وقطاع الصناعة.

يقول العقيلي: «إننا نقوم بعمل طيب فيما يتعلق بإجراء البحوث، ولكنْ ظَلَّت ترجمة الاكتشافات وبراءات الاختراع إلى قيم اقتصادية مسألة صعبة جدًّا، حيث توجد براءات اختراع كثيرة لم نتمكن من استغلالها عمليًّا». ونتيجة لذلك.. تُوَاصِل المملكةُ التركيزَ على مجالات بحثية محددة، يُنظر إليها على أنها الأكثر قابلية لأنْ تُترجَم إلى مشروعات اقتصادية. وهذا سبب التركيز على علوم الكيمياء، والفيزيائية التطبيقية، وقلة التحمُّس لمجالات أخرى، مثل علوم الحياة.

وقد قررت المملكة العربية السعودية أن تتأنَّى في دراسة خياراتها البحثية، بدلًا من إهدار الأموال على جميع أنواع البحوث، وانتظار ما يمكن أن ينجح منها. يقول العقيلي: «إننا نحاول أن نعيد تعريف «التميز»، وذلك عندما يتعلق الأمر بالبحث العلمي تحديدًا». ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

KAUST

طلاب جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية يستهلُّون عامًا دراسيًّا جديدًا استهلالًا احتفاليًّا، حيث تركت هذه الجامعة ـ حديثة النشأة نسبيًّا ـ بصمتها سريعًا على مؤشر Nature.

انطلاق سريع على طريق النجاح

تتطلع المملكة العربية السعودية إلى تحقيق طموح كبير، بفضل خطة مستدامة وموارد مالية كافية لدعمه.

باكينام عامر

ربما لا يزال التطور العلمي الذي تحقِّقه المملكة العربية السعودية في مهده، ولكن المملكة الغنية بالنفط تخطو خطوات واسعة فيما يتعلق بالاستثمار في البحوث ونَشْرها، مع طموح واضح لِلّحاق يومًا ما برَكْب شاغلي المراتب العليا.

في عام 2012، كان العدد الكسري المعدَّل للمملكة العربية السعودية في مؤشر Nature هو 52.84؛ مما جعلها تأتي في مرتبة خلف تركيا، وإيران، والمكسيك، وشيلي، وجنوب أفريقيا. وفي السنوات الأربع التالية حققت المملكة زيادة مقدارها 86.8%؛ ليصل العدد الكسري المرجَّح لها إلى 98.67؛ لتتخطى جميع تلك الدول، وتتنافس مع شيلي والأرجنتين على المستوى العالمي. وتحتل المملكة حاليًّا المرتبة 31 عالميًّا فيما يتعلق بالعدد الكسري المرجح، وذلك صعودًا من المرتبة رقم 39 في عام 2012.

وحققت المملكة ارتفاعًا أكبر في مجالات بحثية بعينها. ففي الكيمياء ـ على سبيل المثال ـ تجاوزت دولًا ذات تأثير علمي كبير، مثل فنلندا، وأيرلندا، مع ارتفاع العدد الكسري المرجَّح لها في هذا المجال إلى 66.54، بزيادة تقترب من ثلاثة أضعاف ما حققته في عام 2012.

ومن ناحية المؤسسات، قفزت جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية ـ الصرح العلمي الرائد للبلاد ـ قفزة مثيرة للإعجاب فيما يخص العدد الكسري المرجَّح لها في الفترة ما بين عامي 2012، و2015؛ مما جعلها تحفر لنفسها مكانًا يؤهلها لمنافسة المراكز البحثية المرموقة في أمريكا وأوروبا.

> «إن صعود المملكة العربية السعودية إلى أعلى المراتب يعتمد على «آلية تصحيح ذاتي»، تبدأ بطيئة، ولكنها تمضي نحو النمو المستدام».

في أربع سنوات فقط، ارتفع العدد الكسري المعدَّل للجامعة، ليصبح أعلى من مما حققته مؤسسات مرموقة، منها، على سبيل المثال، لا الحصر: المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية «CERN»، ومختبر بروكهافن الوطني «BNL»، وجامعة جورجيا بالولايات المتحدة، وجامعة دريسدن التقنية بألمانيا. وكانت النواتج البحثية في جميع هذه المؤسسات تفوق بصورة كبيرة الناتج الخاص بجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية في عام 2012، ولكن الانطلاقة المبهرة التي حققتها الجامعة منذ ذلك الحين جعلت عددها الكسري المعدَّل يرتفع إلى 72 في عام 2015، متخطِّيَة تلك المؤسسات البارزة.

تساندِ طموحَ المملكة نحو تطوير البحث العلمي إجراءاتٌ عملية. فمنذ عام 2008، بدأت البلاد في تطبيق استراتيجية متعددة المستويات؛ بهدف إصلاح بِنْيَتها التحتية في مجال العلوم، وبناء مختبرات ذات مواصفات عالية، وتوفير المِنَح البحثية في المجالات ذات الأولوية في العلوم التطبيقية، والربط بين العلوم والصناعات التي تقود حركة الاقتصاد.

وتهدف الاستراتيجية ـ التي تنقسم إلى أربع مراحل، من المقرر الانتهاء من تنفيذها بحلول عام 2030 ـ إلى «رؤية المملكة العربية السعودية تتبوأ موقع الريادة في القارة الآسيوية، ومنحها قوة اقتصادية، قوامها العلم»



FAYEZ NURELDINE/AFP/GETTY IMAGES

مشروع الجينوم البشري السعودي سيضع التسلسل لنحو 100 ألف جينوم بشري، بهدف إجراء بحوث طبية حيوية في المجتمع السعودي.

مسيرة المملكة العربية السعودية نحو القمة

آتت الجهود التي تبذلها المملكة لتعزيز البحث العلمي ثمارها، حيث ارتفع العدد الكسري المعدَّل للمملكة في مؤشر Nature باطراد خلال السنوات الأخيرة. ويلقي الرسمان البيانيّان أدناه الضوءَ على مسيرة الصعود التي خاضتها المملكة، مقارنة بغيرها من الدول، سواء بصورة إجمالية، أم في مجال الكيمياء.

الناتج الإجمالي

في عام 2012، كان الناتج الإجمالي للمملكة في المؤشر أقل من جميع البلدان الموضحة في الشكل، ولكن الجهود المستمرة أسفرت عن ارتفاع العدد الكسري المعدَّل للمملكة، وتَخَطِّيها لجميع تلك الدول في عام 2015.

المملكة العربية السعودية
شيلي
الأرجنتين
المكسيك
المجر
جنوب أفريقيا
اليونان
إيران
تركيا

العدد الكسري المعدَّل

120 110 100 90 80 70 60 50 40

2015 2014 2013 2012

الكيمياء

خَطَت المملكةُ خطوات واسعة في مجال الكيمياء، مقارنة بمعدل صعودها الإجمالي. وإثر النمو المتسارع، الذي جعل العدد الكسري المعدَّل للمملكة في مجال الكيمياء يتضاعف ثلاث مرات منذ عام 2012، تمكَّنت المملكة من التفوق على كثير من اللاعبين الكبار في هذا المجال في عام 2015.

المملكة العربية السعودية
فنلندا
أيرلندا
البرازيل
البرتغال
نيوزيلندا
تركيا
اليونان

العدد الكسري المعدَّل

80 70 60 50 40 30 20 10

2015 2014 2013 2012

حسب قول عبدالعزيز السويلم، نائب رئيس مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية «KACST» لدعم البحث العلمي.

وتركز استثمارات المملكة في المجال العلمي على البحوث التطبيقية التي تخدم مباشرة المصالح الصناعية للبلاد، وتحديدًا قطاع النفط والطاقة، ولكن حتى في المجالات التي تتميز فيها المملكة بالقوة (علوم الكيمياء والفيزياء) لا يزال العدد الكسري المعدَّل للمملكة متواضعًا، مقارنةً باللاعبين الكبار في آسيا، مثل الصين، واليابان، وكوريا الجنوبية.

ولتتمكن المملكةُ من السباحة بشكل آمِن مع هذه الحيتان الكبيرة، يمكنها الاستفادة من تجارب الاقتصادات الناشئة الناجحة في آسيا.

يمكن أن تكون الهند أحد مصادر الإلهام، فبالإضافة إلى التطورات العلمية والتقنية متعددة التخصصات، التي حَسَّنَت ناتجها البحثي في المؤشر من 736.5 إلى 901.4 في غضون السنوات الأربع الماضية، فإن عملاق شبه القارة الهندية قد نجح في الانضمام إلى النادي الحصري للدول التي دشنت بعثات فضائية ناجحة.

ومثلها في ذلك مثل المملكة العربية السعودية، تركِّز المؤسسات البحثية الهندية على مجال الكيمياء، بينما يفوق الناتج البحثي الإجمالي لتلك المؤسسات نظيراتها السعودية بما يقرب من سبعة أضعاف (تجاوَز ناتج الهند 472 في عام 2015، في حين كان ناتج المملكة 66.5).

وبوسع المملكة أن تطمح إلى تحقيق التفوق نفسه الذي وصلت إليه الهند في مجال الكيمياء، وذلك بالنظر إلى أن ظروف عمل الباحثين في المملكة مواتية بصورة أفضل.

تُعَدُّ بيئة البحث العلمي في الهند أبعد ما تكون عن المثالية. وبالتالي، لا يستطيع تمويل البحوث أن يواكب التضخم، والتباطؤ العام، اللذين يمر بهما اقتصاد البلاد. وإضافة إلى ذلك.. يقول معلِّقون ينتمون إلى المجتمع البحثي الهندي إن عمليات التمويل تستغرق وقتًا طويلًا، وتتسم بالبيروقراطية، كما إن طلبات المنح التي تقابَل بالرفض تتلقى ردود فعل محدودة بشأن أسباب الرفض. وفي الوقت ذاته، يضمن التدفق المستمر لعائدات النفط في المملكة العربية السعودية توفير التمويل للمَرافق والمنشآت البحثية الحديثة في البلاد.

وفي حين أن معدل الإنفاق على العلوم قد زاد زيادة طفيفة في الهند، التي خصصت 1.19 مليار دولار أمريكي لهذا الغرض للسنة المالية القادمة (2016-2017)، فإن البلاد لديها حوالي 700 جامعة، و200 ألف باحث بدوام كامل، ينهلون جميعًا من معين التمويل نفسه. وفي المقابل، أعلنت المملكة عن ميزانية للتعليم والتدريب، قدرها 50.9 مليار دولار أمريكي للعام القادم، تشمل التعليم العالي والبحث العلمي. وفي حين يبلغ إجمالي عدد السكان في المملكة 30 مليونًا فقط، فإن عدد الباحثين بدوام كامل ـ الذين يتنافسون على الموارد المتاحة ـ أقل بكثير من نظيره في الهند.

ومن بين مسيرات الصعود المُبْهِر، التي ربما تتطلع المملكة إلى محاكاتها، نموذج «سنغافورة» التي لديها بالمثل عدد سكان أقل، وتمكنت من الصعود إلى مرتبة متقدمة في المؤشر. وكما هو الحال في المملكة، تركِّز سنغافورة أيضًا على بحوث الكيمياء، كما أنها وضعت استراتيجية وطنية للعلوم (من القمة إلى القاعدة) للمراكز البحثية لديها. ويمتلك البَلَدان مشروعات تعاون وثيق مع أكبر الجامعات حول العالم، كما يرحبان بالباحثين الأجانب في إطار جهودهما لدفع حركة الابتكار.

ويشعر منصور الغامدي ـ المشرف على الإدارة العامة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

للتوعية العلمية والنشر بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ـ بالتفاؤل حيال قدرة المملكة على عبور الفجوة الكبيرة الحالية في حجم الناتج العلمي بينها وبين بلاد أخرى، مثل الهند، وسنغافورة. يقول الغامدي: «المملكة العربية السعودية لديها خطة واضحة لتحقيق ذلك، وتمتلك الموارد اللازمة».

نمو مستقبلي

في عام 2012، كان ترتيب المملكة في المؤشر ـ بعدد كسري معدَّل بلغ 52.8 ـ يعني أنه يمكن مقارنتها بدول معينة، مثل جنوب أفريقيا، وتركيا، وإيران، وجميعها تتراوح بين 60، و70. في ذلك الوقت، كان العدد الكسري المعدَّل للمملكة يقل كثيرًا عن دول مثل المكسيك، والمجر، وشيلي، واليونان، والأرجنتين.

وبعد أربع سنوات، أصبحت الآفاق البحثية السعودية أوسع، وصارت تتفوق على بلاد معينة في المؤشر، مثل الأرجنتين، والمكسيك، والمجر، بل صارت متعادلة مع دولة مثل شيلي. وقادت بحوثُ الكيمياء مسيرةَ الصعود السريعة للمملكة؛ لتجاوز تلك الدول، ولكن ما زال العدد الكسري المعدَّل للمملكة في مجالي علوم الحياة والعلوم الفيزيائية متأخرًا، حيث يبلغ 8.5، و31.5 على التوالي.

ورغم ذلك.. شَهِدَ عدد المقالات المنشورة في المملكة نموًّا مطردًا في هذين المجالين على مدار السنوات الأربع الماضية، مما يشير إلى الأهمية المتزايدة لمشروعات التعاون الدولي.

وعلى ما يبدو.. فإن الباحثين السعوديين يرمون شباكهم على نطاق أوسع من ذي قبل، ويشاركون في نشر المزيد من المقالات، على حساب العدد الكسري المعدَّل المعتمد لهذه المقالات.

«يمكن للمملكة العربية السعودية أن تنظر إلى بعض الاقتصادات الناشئة التي حققت نجاحًا كمصدر للإلهام».

ورغم أن التعاون الدولي يؤتي ثماره، إلا أنه يجب على المملكة أن تواصل التركيز على رعاية المواهب المحلية، حسب قول ناصر العقيلي، عميد البحث العلمي في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن «KFUPM»، ومقرها وادي الظهران للتقنية في المنطقة الشرقية من المملكة. ويضيف العقيلي قائلًا إنه في السنوات الخمس القادمة ستركز البلاد على برنامج لبناء القدرات الوطنية.

كان قرارُ الحكومة السعودية بإنشاء برنامج ضخم للابتعاث في عام 2005 خطوةً أولى طيبة على الطريق. ويمكن القول إن هذا البرنامج هو الأكبر من نوعه على مستوى العالم، وقد تمكَّن من خلاله أكثر من 200 ألف شاب سعودي من الدراسة في الخارج؛ مما يجعل من الطلاب السعوديين في الولايات المتحدة رابع أكبر كتلة طلابية مغتربة، بعد الصين، والهند، وكوريا الجنوبية. وتأمل الحكومة أن يعود هؤلاء الطلاب لقيادة حركة الثقافة العلمية في البلاد.

وتسعى المملكة العربية السعودية كذلك إلى زيادة تركيزها على البحوث التطبيقية، باعتبار ذلك جزءًا لا يتجزأ من المرحلة الراهنة من استراتيجيتها الوطنية للعلوم، بينما تعمل على توفير التمويل الكافي للبحوث الأساسية أيضًا. يقول العقيلي إن رحلة المملكة العربية السعودية تتضمن ما يُطلق عليه اسم «آلية التصحيح الذاتي»، حيث تبدأ الدولة بداية بطيئة، ولكنها أكثر قابلية للاستدامة، فيما يخص إجراء البحوث عالية التأثير. وفي نهاية الأمر، قد يساعد التحولُ المستقبلي نحو البحوث الأساسية القدرات البحثية للمملكة؛ للوصول إلى مرحلة أكثر نضجًا. ■

نجم صاعد في سماء العالم

يوضح هذا الرسم البياني صعود جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، مقارنة بمجموعة مختارة من المؤسسات الأخرى.*

- جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية "KAUST"
- مختبر بروكهافن الوطني (BNL)
- جامعة جورجيا (UGA)
- جامعة جلاسجو
- جامعة شاندونج (SDU)
- جامعة يوهان جوتنبرج في ماينز (JGU)
- جامعة واترلو
- جامعة توبنجن
- جامعة دريسدن التقنية (TU Dresden)
- جامعة رادبود نايميخن (RU)
- المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية (CERN)

العدد الكسري المعدَّل: 40، 50، 60، 70

2015 — 2012

حققت جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية قفزة كبيرة OBG في سنوات قليلة، متخطية 131 مؤسسة عالمية منذ عام 2012، حسب العدد الكسري المعدَّل للجامعة.

* المؤسسات الموضحة في الشكل هي تلك التي كانت تتفوق تفوقًا كاسحًا على جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية في عام 2012، والتي شهدت نموًّا في العدد الكسري المعدَّل بحلول عام 2015، وتفوقت عليه وتجاوزته جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية. للتوضيح.. يبين الشكل التغير بين عامي 2012، و2015 فقط.

KAUST



KAUST

يستفيد الباحثون السعوديون من المختبرات العصرية المتطورة، والتمويل السخي، اللذين أسهمَا في تعزيز مسيرة البحث والتطوير في البلاد.



KARL-JOSEF HILDENBRAND/DPA/ALAMY LIVE NEWS

استطاعت المملكة العربية السعودية ـ من خلال الترحيب بالباحثين الدوليين ـ إقامة علاقات تعاون مع جهات بحثية متعددة حول العالم، وهو ما عزَّز الإنتاج العلمي للمملكة.

تَبادُل المعرفة ركيزة جوهرية تعزِّز النهضة العلمية في المملكة

يسفِر التعاون مع المؤسسات الدولية المرموقة في مجال الأبحاث عن إنجازات علمية كبيرة، ويسهم في الارتقاء بجودة الإنتاج العلمي في المملكة.

نادية العوضي

إنَّ المؤسسات العلمية في المملكة العربية السعودية ماضيةٌ في سعيها الحثيث نحو الوصول إلى شركاء بحثيين حول العالم؛ من أجل التعاون مع باحثي المملكة. ففي عام 2015، اشترك علماء ينتمون إلى مؤسسات سعودية في أوراق بحثية مع أقرانهم من 89 دولة في دوريات تَضَمَّنها مؤشر Nature.

وقد تمَّت غالبية هذه الأوراق البحثية المشتركة مع مراكز بحثية عالمية مرموقة، وكانت الولايات المتحدة الأمريكية، والصين، والمملكة المتحدة هي أكثر ثلاث دول تعاونَت معها المملكة بصورة مكثفة بين عامي 2012، و2015، ولكنْ حلَّت ألمانيا في عام 2015 محل المملكة المتحدة. ووفقاً لمؤشر Nature، زاد خلال السنوات الأخيرة تعاوُن السعودية مع كل الشركاء الدوليين الذين يحتلون المراكز العشرة الأولى في المؤشر. وتَحَقَّق أكثر هذه الزيادة في الأبحاث المشتركة مع الولايات المتحدة الأمريكية، غير أن الأبحاث المشتركة بين السعودية والصين قد تضاعفت هي الأخرى ثلاث مرات في الفترة نفسها، وفقًا لدرجة التعاون التي تحسب مجموع الأوراق البحثية الثنائية للمملكة العربية السعودية بالتعاون مع الجامعات الأخرى.

يعكس تنامي انخراط السعودية في التعاون الدولي النموَّ الذي حققته المملكة في إجمالي عدد الأوراق البحثية التي أحصاها مؤشر Nature، خاصة في الكيمياء، والعلوم الفيزيائية. وعند التركيز على تفاصيل تخصصات الأوراق البحثية، نجد أن اختيار الدول التي تفضِّل السعوديةُ التعاون معها لا يعكس بالضرورة النمط العام للتعاون العلمي. ففي الكيمياء، على سبيل المثال، لا تزال ألمانيا هي ثاني أكبر متعاونٍ بعد الولايات المتحدة الأمريكية، وقبل كل من الصين، وكندا.

> «ينبغي أن تكون العلاقة تكاملية.. فنحن لا نريد أن يصعد أحدهم على كَتِفَي شخص آخر».

مؤسسات كبرى، وأنماط مختلفة

الجهتان السعوديتان البارزتان في التعاون الدولي المتزايد للمملكة هما «جامعة الملك عبدالعزيز» في مدينة جدة، على الساحل الغربي للمملكة، و«جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية» في مدينة ثول، التي تقع على بعد 135 كيلومترًا شمال جدة.

شَكَّلَت الأوراق البحثية المشتركة لجامعة الملك عبدالعزيز مع المؤسسات الأمريكية 49% من كل درجات التعاون البحثي المشترك بين المؤسسات السعودية والأمريكية في عام 2015، بينما كانت نسبة الأوراق البحثية المشتركة مع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التعاون الدولي



في عام 2015، تعاوَن الباحثون السعوديون مع نظرائهم في 89 دولة؛ لإنتاج أوراق علمية وبحثية، أحصاها مؤشر Nature. ويوضح الرسم التوضيحي التالي درجات التعاون العلمي بين السعودية والدول الأخرى، كما سجلها المؤشر خلال عام 2015. ويرتبط حجم الدائرة بدرجة التعاون التي نذكرها لأكثر الدول تعاونًا مع السعودية في كل منطقة.

SMALL.MU

المملكة العربية السعودية

الولايات المتحدة الأمريكية 149.98
كندا 23.60
المكسيك
بليز
كوستاريكا
جامايكا
باربادوس

بيرو
أوروجواي
الأرجنتين
الإكوادور
كولومبيا
البرازيل 0.45
شيلي 2.37

باكستان 3.75
تركيا 1.74
إيران 1.09
إسرائيل
قطر
الأردن
اليمن
عمان
أذربيجان
الإمارات العربية المتحدة
جورجيا
الكويت
كازاخستان
أرمينيا
أوزبكستان
قيرجستان
لبنان

المملكة المتحدة 35.06
ألمانيا 34.19
إسبانيا 17.7
إيطاليا 14.54
فرنسا 14.39
سويسرا 10.65
هولندا 9.14
روسيا
السويد
الدنمارك
اليونان
أيرلندا
بولندا
جمهورية التشيك
بلجيكا
سلوفينيا
النمسا
فنلندا
المجر
أوكرانيا
قبرص
إستونيا
ليتوانيا
النرويج
أيسلندا
البرتغال
كرواتيا
بلغاريا
روسيا البيضاء
صربيا
ألبانيا
البوسنة والهرسك

جامبيا
سيراليون
سيشيل
نيجيريا
المغرب
الجزائر
جنوب أفريقيا 1.03
تونس 1.13
مصر 6.42

بروناي
منغوليا
الفلبين
سريلانكا
بنجلاديش
إندونيسيا
تايلاند
فيتنام
ماليزيا
نيوزيلندا
الهند 7.15
سنغافورة 10.41
تايوان 10.8
كوريا الجنوبية 10.83
أستراليا 11.26
اليابان 16.98
الصين 49.77

التوضيح

ميزان الإسهامات بين الدول

متكافئ
غير متكافئ

غرب آسيا
أمريكا الشمالية
أوروبا
المملكة العربية السعودية
أمريكا الجنوبية
أفريقيا
آسيا - المحيط الهادئ

درجة التعاون تعتمد على إجمالي العدد الكسري الناتج عن الأوراق المشتركة بين المملكة العربية السعودية، وكل دولة شريكة.

الجامعات الصينية والبريطانية هي 54%، و21% على التوالي من درجات التعاون بين الجامعات السعودية ونظيراتها في هاتين الدولتين.

من ناحية أخرى، تمثِّل الأوراق المشتركة التي شاركت فيها جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية 27%، و23%، و44% على التوالي من درجات التعاون مع المؤسسات الأمريكية، والصينية، والبريطانية في العام نفسه، غير أن تحليل إسهامات هاتين الجامعتين في الأوراق المشتركة يكشف عن أنماط فريدة.. فبين عامي 2012، و2015، كانت درجة التعاون في جامعة الملك عبدالعزيز أكبر من مثيلتها جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، غير أن إسهام جامعة الملك عبدالعزيز في كل أوراقها البحثية المشتركة ظل دائمًا أقل من جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية.

قد يكون تعدُّد الجهات أو الجامعات على الأوراق البحثية أحد العوامل التي أسهمت في ذلك، فعندما ينسب المؤلفون لعدة مؤسسات في الأوراق البحثية، يقسم مؤشر Nature الدرجة بين الجامعات المذكورة، من خلال القياس بالعدد الكسري (FC). وكلما تعددت الجامعات التي ينتسب إليها أحد المؤلفين؛ قَلَّ العدد الكسري الذي تحصل عليه كل جامعة، وبالتالي تقل الدرجة الإجمالية للتعاون في كل جامعة أو مؤسسة على حدة.

تركِّز جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية ـ بوجه خاص ـ على استقطاب الأساتذة والباحثين الدوليين للعمل بها. يقول جان فريديشه، نائب الرئيس للأبحاث في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية: «عندما نقوم بتعيين الباحثين، فإننا حقًّا نبحث عن الالتزام. نرغب في أن يعرفوا أننا نسعى لتحقيق التفوق والتميز. إننا نوفر لهم بيئة بحثية رائعة هنا. وبصفة عامة.. عندما نقوم بتوظيف الباحثين والأساتذة، فإننا نفعل ذلك لكي يعملوا معنا بدوام كامل».

التعاون مع الأفضل

عندما تأسست جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية في عام 2009، أطلقت برنامجًا للتعاون الدولي مع جامعات عالمية عديدة؛ للإسهام في ترسيخ أقدامها، وتوظيف الباحثين، وبناء المختبرات. وكما يوضح فريديشه، يُعزى لهذا البرنامج ـ الذي انتهى في عام 2015 ـ الفضل في إنتاج الجامعة لأوراق بحثية مشتركة عديدة، أحصاها المؤشر بالتعاون مع فرنسا، وسنغافورة، والولايات المتحدة الأمريكية، والمملكة المتحدة.

ويستطرد فريديشه قائلًا: «لم يكن هذا نموذجًا مستدامًا على المدى البعيد، فقد كانت الأمور كلها تتم في الدوائر العليا. كان البرنامج يتلقى المشورة والنصائح من الأكاديميين، غير أنه لم يكن لدينا أحد لتوجيه البرنامج. أما الآن، وقد وقفت الجامعة على قدميها كمؤسسة قائمة، فإننا نحاول أن نجعل الباحثين يختارون مَن يتعاونون معهم».

يقول فريديشه إن الجامعة تشجع الباحثين على التعاون مع أفضل الخبراء في مجالهم، ويضيف قائلًا: «ينبغي أن تكون العلاقة تكاملية.. فنحن لا نريد أن يصعد أحدهم على كَتِفَي شخص آخر. وفي التعاون البحثي المشترك، ينبغي أن يقدِّم الطرفان شيئًا ما، ونحن حقًّا نبحث عن تكامل الخبرات».

ويبدو أن هذه الاستراتيجية قد آتت ثمارها.. فعند التعاون في الأوراق البحثية مشتركة التأليف، التي أحصاها مؤشر Nature،

كانت جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية تسهم فيها بالقدر نفسه مثل الشركاء الدوليين.

ويتابع فريشيه بقوله أيضًا إن جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية حَثَّت الباحثين على إنفاق حتى 40% من الميزانية الخاصة بالأبحاث على التعاون الخارجي. كما حثَّت الجامعة مراكزها البحثية على إنفاق 20% من ميزانيتها؛ لجلب الخبرات التي تفتقدها الجامعة الشابة من الخارج.

وفي إطار نموذج التعاون الجديد، تموِّل جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية حاليًّا ستة برامج متعددة التخصصات حول أبحاث المِجَسَّات. يقول فريشيه: «إننا لا نسعى فقط لإعداد برنامج علمي مهم وجدير بالاحترام، ولكننا نحرص أيضًا على توسيع قدرة باحثينا على الإبداع والابتكار، إذ نحثهم دائمًا على التفكير بطرق غير تقليدية، وندفعهم للتفكير في شيء لم يفكروا فيه من قبل، لأنه ليس في مجالهم».

وبالنظر إلى مجال الكيمياء، يبين المؤشر أن درجة التعاون بين جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، والمؤسسات البريطانية ـ التي تمثل ثالث أكبر مجموعة بعد الولايات المتحدة الأمريكية، وفرنسا ـ قد زادت من 2.5 في عام 2012 إلى 10.8 في عام 2015. وحتى الآن، كانت إمبريال كوليدج لندن هي أكبر مؤسسة بريطانية متعاوِنة مع جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية في مجال الكيمياء، كما توضح البيانات في عام 2015 أن التعاون مع إمبريال كوليدج لندن يمثل أكبر مشارَكة بصفة عامة لجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية.

«الآن، وقد وقفت الجامعة على قدميها كمؤسسة قائمة، فإننا نحاول أن نجعل الباحثين يختارون مَن يتعاونون معهم».

وتتسق إنجازات جامعة الملك سعود البحثية في العاصمة الرياض ـ وهي ثالث أكبر مساهم في المؤشر ـ مع اتجاهات الأبحاث في المملكة، غير أنها خلال عام 2015 زادت من تعاونها البحثي مع المؤسسات الروسية، مما جعل من روسيا أفضل شريك مختار للتعاون بعد الصين، والولايات المتحدة الأمريكية. والمؤسسات الثلاث الكبرى المتعاونة مع جامعة الملك سعود هي جامعة فودان في الصين، والأكاديمية الروسية للعلوم، وجامعة نوفوسيبيرسك، وتقع الأخيرتان في روسيا.

أحمد الزنحري، عالِم كيمياء المواد، له دور بارز في التعاون العلمي القائم بين جامعة الملك سعود، وجامعة فودان. وقد أنشأ علاقة وطيدة مع دونج يوان تشاو ـ وهو واحد من أكبر العلماء في العالم في مجال المواد ذات المسام متناهية الصغر (mesoporous materials) ـ في عام 2010 عندما كان الزنحري يعمل في مصر. وعندما انتقل للعمل في السعودية في عام 2012، انتقلت معه علاقته البحثية بتشاو، التي أثمرت عن الاشتراك في تأليف عدة أوراق بحثية معه، والإشراف المشترك على رسائل الدكتوراة لطلاب جامعة الملك سعود. واستمر هذا التعاون بين جامعة الملك سعود وتشاو، رغم انتقال الزنحري مؤخرًا إلى جامعة قطر.

وتلمس جامعةُ الملك سعود بوضوح مزايا التعاون البحثي مع الجامعات الدولية المماثلة. ومِثل الجامعات الشهيرة والبارزة، شهدت غالبية المؤسسات الأخرى ـ وعددها ثماني عشرة مؤسسة ـ التي أدى تعاونها مع مؤسسات دولية إلى ظهور أوراق بحثية منشورة في مطبوعات بمؤشر Nature ـ صعودًا في درجات التعاون. ويبدو أن هذه السياسة كانت مجدية ومثمرة للغاية للمملكة العربية السعودية، التي ستواصل سعيها لاستقطاب شركاء دوليين، ضمن جهودها الحثيثة لزيادة إنتاجها العلمي. ■

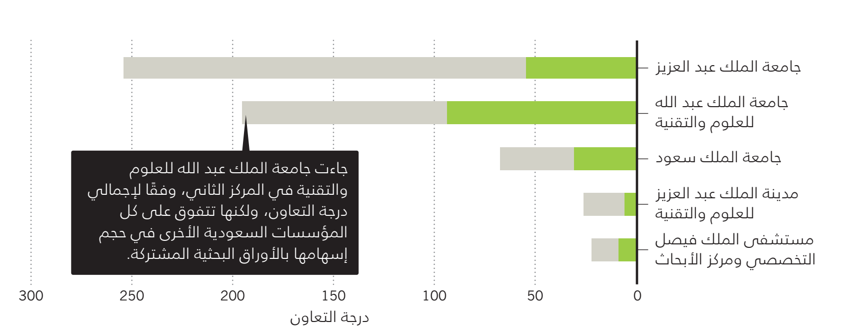


ANASTASIA KHRENOVA/KAUST

تتناول أبحاث مشتركة عديدة بين جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، والمؤسسات العلمية الدولية، التحديات الإقليمية، مثل أبحاث الأغشية الاصطناعية لتنقية المياه في مركز الأغشية والمواد المسامية المتقدمة.

كبرى المؤسسات المتعاونة في المملكة العربية السعودية

تتبوأ جامعة الملك عبد العزيز المركز الأول في إجمالي درجة التعاون في عام 2015. ويبين الشكل التوضيحي المؤسسات السعودية الخمس الكبرى في عام 2015، حسب درجة التعاون.



المشاركات الدولية الخمس الكبرى لجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية

خلال عام 2015، شكّلت جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية علاقات تعاون ثنائي مع 414 جهة دولية شريكة

إسهام جامعة الملك عبد الله | إسهام الجهة الشريكة

إمبريال كوليدج لندن

جامعة سنغافورة الوطنية

معهد جورجيا للتقنية

المركز الوطني الفرنسي للأبحاث العلمية

جامعة تورونتو

جامعة ليون

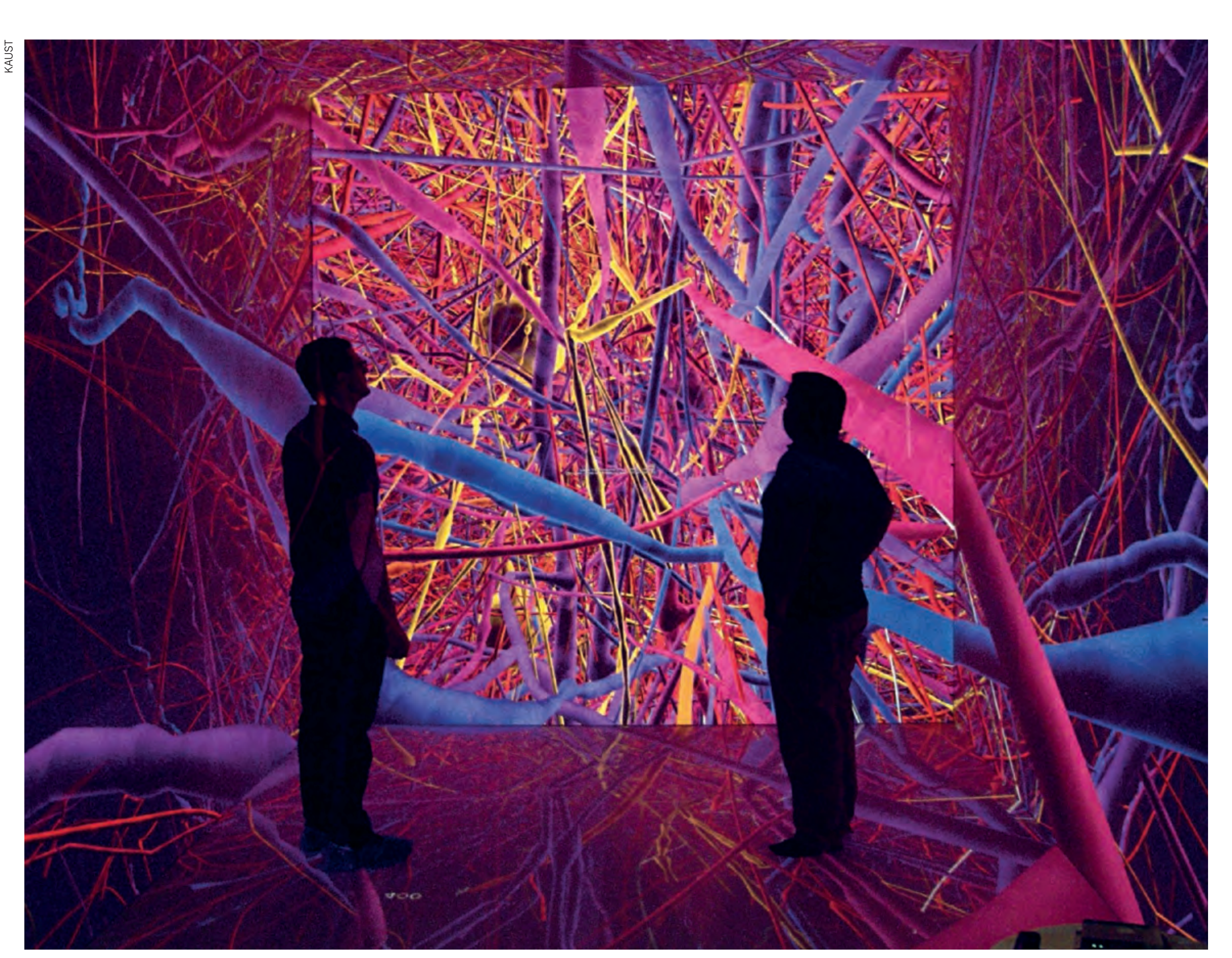
رغم أن درجة التعاون بين جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، والمركز الوطني الفرنسي للبحوث العلمية جاءت في المركز الرابع، إلا أن إسهام جامعة الملك عبد الله في الأوراق البحثية المشتركة ضمن هذه المشاركة كان أكبر من إسهامها في أي أبحاث دولية أخرى مشتركة.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

درجة التعاون

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

KAUST



بدأت جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية تقوم بدور أكثر إيجابية على المستوى المحلي بفتح مرافقها البحثية الممتازة أمام الباحثين من المؤسسات البحثية الأخرى في السعودية.

الاستفادة القصوى من الخبرات المحلية

التعاون المشترك مع الدول المجاورة يسهم في حل المشكلات المشتركة، ويعزِّز تكوين الشبكات الإقليمية.

نادية العوضي

في عام 2011، نَشَرَ فريقٌ ضَمَّ 17 باحثًا ـ جميعهم من المقيمين في المملكة العربية السعودية، وسلطنة عُمَان ـ ورقة بحثية في دورية *Nature Genetics*، حددوا فيها ـ للمرة الأولى ـ طفرة جينية تتسبب في شكل نادر من اضطراب المناعة الذاتية، يُعْرَف باسم «الذئبة الحمراء»، أو «الذئبة الحمامية الجهازية» systemic lupus erythematosus (SLE). وكان هذا التعاون تحت إشراف فوزان الكريع، عالِم الجينات في مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

استكمل مركزُ الأبحاث هذا الإنجاز ببحث آخر في عام 2013، عندما كَشَفَ فريق الكريع عن دور هيليكيز الحمض النووي الريبي في تطور «المتلازمة الفموية الإصبعية الوجهية» orofaciodigital syndrome. ومؤخرًا، في مطلع عام 2015، حَدَّد فريق بحثي من مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث، وجامعة الملك سعود طفرةً جينية مرتبطة بـ«اضطراب ضمور أعصاب الدماغ منذ الولادة» congenital cranial dysinnervation disorder. ويمثل هذا الاتجاه في الدراسات حالة غير مألوفة من التعاون البحثي المشترك على المستوى السعودي والإقليمي.

وبينما يَكشِف مؤشرُ Nature التعاون المتزايد في الأبحاث المشتركة بين المملكة العربية السعودية، والولايات المتحدة الأمريكية، وآسيا، وأوروبا، تبدو الأبحاث المشتركة على مستوى المملكة العربية السعودية، وبينها وبين دول الشرق الأوسط الأخرى متقطعة.

> **«لا أرى سببًا للاعتقاد أن التعاون المشترك المحلي والإقليمي يؤدي إلى ضَعْف جودة الإنتاج البحثي».**

وتُعتبَر مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث، وجامعة الفيصل ـ التي ينتمي إليها الكريع أيضًا ـ من بين المؤسسات السعودية القليلة التي أبدت نمطًا مقصودًا وثابتًا من التعاون في الأبحاث المشتركة على المستوى المحلي والإقليمي، تلك الأبحاث التي أثمرت عن دراسات منشورة في دوريات مرموقة، رَصَدَها مؤشر Nature. وخلال عام 2015، حققت ست مؤسسات فقط ـ من إجمالي 16 مؤسسة شاركت في أبحاث مشتركة محلية وإقليمية ـ إنتاجًا علميًّا بارزًا في مؤشر Nature. وتَبَوَّأت «مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث» الصدارةَ في الأبحاث المشتركة على المستوى السعودي. أما جامعة الملك سعود، وهي ثاني أكبر مؤسسة سعودية من حيث المشارَكة في الأبحاث المحلية خلال عام 2015، فقد تفوقت على كل المؤسسات السعودية في تحقيق

شبكة الأبحاث السعودية

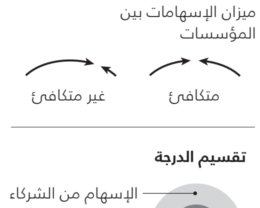
أغلب الأبحاث السعودية المشتركة تتجه خارج المملكة، وتتولى كبرى المؤسسات العلمية في السعودية رعايةَ التعاون المشترك بين الباحثين في المملكة.
ويوضح الرسم التالي شبكة التعاون البحثي المحلي خلال عام 2015. وتمثل أحجام الدوائر درجة التعاون بين كل مؤسسة مع الشركاء الآخرين في السعودية.

مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث 3.49
مدينة الملك عبد العزيز الطبية <0.01
جامعة جازان 0.01
الشركة السعودية للصناعات الأساسية "سابك" 0.14
جامعة الملك سعود 2.55
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية 0.14
جامعة الفيصل 1.15
جامعة تبوك 0.20
جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية 1.13
مدينة الملك سعود الطبية 0.40
مستشفى الملك خالد التخصصي للعيون 1.09
جامعة طيبة 0.46
جامعة الملك عبد العزيز 0.95
جامعة الملك فهد للبترول والمعادن 0.50
مدينة الأمير سلطان الطبية العسكرية 0.50
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني 0.50

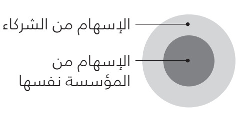
SMALL.MU

التوضيح

ميزان الإسهامات بين المؤسسات



تقسيم الدرجة



درجة التعاون تعتمد على إجمالي العدد الناتج عن الأوراق المشتركة بين أي مؤسسة وشركائها في المملكة فقط.

أكبر إنتاج علمي من الأبحاث التعاونية مع دول المنطقة خلال السنة نفسها.

وخلال الفترة بين عامي 2012، و2015، حصلت «مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث»، وجامعة الفيصل، وجامعة الملك سعود ـ وهي أكبر ثلاث مؤسسات سعودية في مجال الأبحاث المحلية المشتركة خلال هذه الفترة ـ على نسبة 31%، و36%، و5% على التوالي من درجة التعاون الإجمالية لكل منها في الأبحاث المشتركة على المستوى المحلي، مقارنةً بنسبة 0.5% من الأبحاث المشتركة المحلية في كل من جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، وجامعة الملك عبدالعزيز، وهما من أكبر المؤسسات البحثية في المملكة العربية السعودية تعاونًا مع الجهات الدولية. يقول الكريع في هذا الصدد: «أحاول التركيز على المواهب المحلية والعربية، لأني ـ كمُوَاطِن صالح ـ أشعر بمسؤوليتي تجاه تطوير البِنْيَة التحتية للأبحاث في المنطقة».

ويُؤْمِن الكريع تمامًا بوجود ثروة من المواهب في المملكة العربية السعودية والمنطقة. ويقول عن ذلك: «لا أرى سببًا للاعتقاد أن التعاون المشترك المحلي والإقليمي يؤدي إلى ضَعْف جودة الإنتاج البحثي، بل على العكس من ذلك.. أرى أننا قد نشرنا عددًا كافيًا من الأوراق البحثية التعاونية في دوريات عالية التأثير؛ للقضاء على هذه الأسطورة تمامًا».

في عام 2015، اشترك الباحثون في مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث في أوراق بحثية تعاونية ناجحة مع 12 مؤسسة إقليمية، منها ـ على سبيل المثال، لا الحصر ـ جامعة إسطنبول في تركيا، وجامعة الكويت، وست مؤسسات في المملكة العربية السعودية، منها جامعة الملك سعود، ومستشفى الملك خالد التخصصي للعيون، وجامعة الفيصل. ومن ناحية أخرى، لم تتعاون جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية بحثيًّا سوى مع خَمْس مؤسسات فقط من المنطقة، وثلاث مؤسسات فقط من المملكة العربية السعودية في العام نفسه.

من جانبه، يرى جان فريشيه ـ نائب رئيس جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية ـ أَنَّ نَقْص الأبحاث المشتركة مع المؤسسات السعودية والإقليمية أمرٌ يُؤْسَف له. وعَلَّل ذلك قائلًا: «بصراحة، أعتقد أن ذلك كان خطأً من جانبنا. وما حدث هو أننا عندما أنشأنا جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، كنا منشغلين للغاية بتشغيل الجامعة (فقط)، لدرجة أنه لم يكن لدينا وقت لكي ننظر حولنا». وأضاف قائلًا: «وهذا الأمر لم يحدث عن قصد، أو عمد، ولكنه لن يستمر هكذا».

«أيّ بِنْيَة تحتية بحثية تلك التي تأمل في بنائها، إذا كنتَ تسند إلى آخرين مهمةَ التحقيق العلمي بالكامل؟»

تغيير الوجهة نحو الداخل

يقول جان فريشيه إنّ هذا الوضع بصدد التحول، ففي نوفمبر من عام 2015، دعت جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية الباحثين من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن؛ لمناقشة مشروعات الأبحاث المشتركة المحتمَلة في مجالات الأمن الإلكتروني «السَّيْبَرِيّ»، والحوسبة المتقدمة، وهندسة البترول. كما تنفِّذ جامعة الملك عبدالله برنامجًا ضخمًا خاصًّا بالجينوم مع «مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث»، وتدعمه مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

تقوم مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية أيضًا بتمويل مشروع تقوده جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية في مجال «الإضاءة بتقنية الحالة الصلبة» solid state lighting، يتضمن التعاون مع جامعة كاليفورنيا في سانتا باربارا، وجامعة الملك فهد للبترول والمعادن، وجامعة عفت (وهي جامعة خاصة للنساء فقط في جدة، تقع على الساحل الغربي للمملكة). وقد حصل خمسة من الباحثين في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية على مِنَح صغيرة من «مؤسسة قطر»؛ لإجراء البحوث بالتعاون مع الباحثين في قطر.

ورغم ما سبقت الإشارة إليه.. ستظل هذه المشروعات البحثية المحلية والإقليمية صغيرةً، بالمقارنة بالأبحاث المشترَكة التي تنفِّذها جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية مع المؤسسات الدولية. يقول جان فريشيه: «لدينا أهداف طموحة، ونرغب في تصنيفنا كـ«مؤسسة مرموقة»؛ وذلك يحفِّزنا دائمًا للتعاون مع الأفضل».

وقد ينطبق هذا التعليل على المؤسسات السعودية الأخرى، التي تبحث عن التعاون مع المؤسسات المرموقة في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا، أكثر مما تبحث عن التعاون مع المؤسسات القريبة، حيث لا تزال مستويات الإنتاج العلمي متواضعة. ويعترف الكريع بأن هناك نقصًا في الحافز الذي يدفع الباحثين السعوديين وفي دول المنطقة للتعاون معًا، فهُم غالبًا ما يفضِّلون نشر أوراق صغيرة في دوريات ليست مشهورة، لأن ذلك يساعدهم على الترقي إلى درجات وظيفية أعلى، بدلًا من التعاون مع باحثين آخرين، والنشر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

KFSH&RC

KAU

الأبحاث الوراثية من أهم التخصصات التي تعزِّز التعاون في الأبحاث العلمية على المستوى المحلي والإقليمي في السعودية.

التعاون البحثي الإقليمي

هذه هي المؤسسات البارزة من حيث إنتاجها البحثي التعاوني، الذي رصده مؤشر Nature في منطقة الشرق الأوسط. ويوضح الشكل التخطيطي التالي درجة التعاون في كل مؤسسة سعودية خلال عام 2015، نتيجة لأبحاثها المشتركة مع نظيراتها في السعودية، ومع بقية دول الشرق الأوسط.

المملكة العربية السعودية
الشرق الأوسط

جامعة الملك سعود
مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث
جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية
جامعة الملك عبد العزيز
جامعة الفيصل
مستشفى الملك خالد التخصصي للعيون

جامعة الملك سعود هي أكبر مؤسسة سعودية متعاونة مع الباحثين في الدول الأخرى في منطقة الشرق الأوسط

تتشابه مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية في إجمالي الناتج البحثي التعاوني، غير أن مستشفى الملك فيصل التخصصي تركز على التعاون المحلي، بينما يتجه الباحثون في جامعة الملك عبد الله إلى الاشتراك في تأليف الأوراق البحثية مع الشركاء في الدول الأخرى بالشرق الأوسط.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
CS

في دوريات عالية التأثير، الأمر الذي يفسِّر قِلَّة ظهور الأوراق البحثية المشترَكة في مؤشر Nature. ويضيف الكريع قائلًا: «هناك أيضًا نَقْصٌ كبير في التدريب الذي يؤهل الباحثين للعمل الجماعي».

يرى أحمد الزتحري ـ وهو باحث مصري في كيمياء المواد، عمل من قبل في جامعة الملك سعود ـ أن المكاسب التي سيجنيها الباحثون السعوديون من التعاون مع أقرانهم في المنطقة ليست كبيرة. ويقول عن ذلك: «هم يعيشون بالفعل بالقرب من عدد كبير من العرب»، ويقصد بذلك الأعداد الكبيرة من العرب القادمين من الدول العربية المجاورة، ويقيمون في السعودية. ويتابع أحمد الزتحري قائلًا إن المؤسسات السعودية ـ في الغالب ـ قادرة على استقطاب الباحثين العرب للعمل لديها؛ لما تمتاز به من مرافق وتسهيلات ممتازة، وتمويل كبير للأبحاث، وأجور سخية.

أبحاث مشتركة متكافئة

يبدو أن الكريع قد تَوَصَّل إلى سر التعاون الإقليمي الناجح، الذي يؤدي إلى النشر في دوريات مرموقة عالية الجودة. ويقول عن ذلك: «لقد كنتُ محظوظًا للغاية بالتعاون مع مجموعة من الأفراد الموهوبين والمخلصين الذين عملوا معي في المختبر. وفي الحقيقة، يرجع إليهم الكثير من الفضل في الإنجازات التي حققناها»، مؤكِّدًا أن أعضاء فريقه جميعًا لديهم شعور قوي بالمسؤولية عن المشروعات البحثية التي يعملون بها.

وقد شَنَّ الكريع انتقادًا لاذعًا لما أسماه بـ«الاتجاه السائد» في شحن عيِّنات المرضى إلى الباحثين المتعاونين في الدول الأخرى. وقال مستنكرًا: «ربما يخدم هذا الاتجاه كل باحث على حدة بنشر اسمه في دوريات شهيرة، ولكن ذلك سيدمِّر منظومتك البحثية في الداخل. إذَن، أيّ بِنْيَة تحتية بحثية تلك التي تأمل في بنائها، إذا كنتَ تسنِد إلى آخرين مهمةَ التحقيق العلمي بالكامل؟»، واستطرد قائلًا: «بالنسبة لي، أرى أنّ التعاون الحقيقي يقوم على التكافؤ في التبادل الفعلي للخبرة من كلا الطرفين المتعاونَين. وكم يسعدني للغاية اختيار خبير يوافق على إجراء اختبار، تتوفر الخبرة اللازمة له في مختبره، (أو مختبرها)».

ويُذْكَر أنّ مصطفى صالح ـ عالِم الوراثة العصبية ـ كان أحد الأساتذة الذين دَرَّسُوا من قبل لفوزان الكريع في جامعة الملك سعود، وكان أحد الباحثين السعوديين البارزين الذين اشتركوا في أبحاث علمية ـ رَصَدَها مؤشر Nature ـ بالتعاون مع باحثين آخرين من السعودية ودول المنطقة. وفي عام 2015، بلغت نسبة الأبحاث السعودية المشتركة 5% فقط من إجمالي أبحاثها التعاونية. ويرى مصطفى صالح أن عِلْم الوراثة من أحد العوامل الأساسية وراء الأبحاث السعودية المشتركة على المستوى المحلي والإقليمي. وبالفعل، بين عامي 2012، و2015، كانت الأبحاث المشتركة في علوم الحياة ـ التي تَمَّتْ بالتعاون بين المؤسسات السعودية ونظيراتها في الداخل، وفي دول المنطقة ـ هي الأوفر حظًّا في رصد مؤشر Nature.

تضمَّنَت الأبحاث التعاونية التي شارك فيها مصطفى صالح مع باحثين في السعودية والمنطقة أوراقًا متعددةَ المؤلِّفين، أَسْهَم فيها باحثون من المملكة العربية السعودية، وتركيا، والأردن. وتناولت هذه الأوراق «ضمور الشبكية» retinal dystrophy، و«الشلل النصفي التشنجي الوراثي» hereditary spastic paraplegia. وفَسَّرَ صالح ذلك قائلًا: «أَبْدَى الباحثون المتعاونون في تركيا والأردن الاهتمامَ نفسه بالاضطرابات العصبية الوراثية المتنحية جسديًّا autosomal recessive neurogenetic disorders؛ لانتشارها في المملكة العربية السعودية ودول المنطقة». ومن أبرز دول المنطقة في المؤشر، التي تعاوَن معها الباحثون من السعودية بين عامي 2012، و2015: مصر، وتركيا، وقبرص.

يقول الكريع إن «مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث» لها تاريخ كبير من الإنجازات البحثية. ففي أواخر التسعينات، كان محمد راشد من بين الروّاد في استخدام «قياس الطيف الكتلي» mass spectrometry في فحص الاضطرابات الأيضية الوراثية في الأطفال حديثي الولادة. ويقول الكريع إن فريقه في «مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث» نشروا أول خريطة جينية في المنطقة، تم إعدادها بالمواهب المحلية فقط. وحَدَّدت الدراسة التحوُّر المسؤول عن اضطراب نادر، هو متلازمة التشوُّه الجسدي «وود هاوس ساكاتي» Woodhouse–Sakati، التي ظهرت لأول مرة ضمن العائلات السعودية التي تقتصر في الزواج على الأقارب. وكان فريقه أول مَن استخدم تسلسل الإكزوم المحلي في رسم خريطة لجين مرض جديد في المنطقة.

أشار الكريع إلى أن هذه الاكتشافات تقدِّم نماذج رائعة للمواهب المحلية. ويقول عن ذلك: «إذا لم نتعاون معًا كمجتمع من الباحثين في السعودية ودول المنطقة، لا أعرف كيف سنُرَوِّج لأنفسنا ككيان أمام المجتمع البحثي الدولي». ■

جداول مؤشر NATURE لعام 2016 للمملكة العربية السعودية

المؤسسات الرائدة في المملكة العربية السعودية من حيث الأبحاث العلمية عالية الجودة، مرتبة حسب العدد الكسري المعدَّل (WFC) لسنة 2015. وموضَّح هنا أيضًا إجمالي عدد المقالات (AC)، وتغيرات العدد الكسري المعدَّل منذ عام 2014. والمقالات مستمَدَّة من الـ68 دورية التي يتألف منها مؤشر Nature. أما جداول المجالات العلمية، فهي مستمدة من مؤسسات كائنة في عموم منطقة الشرق الأوسط.

2015	المؤسسة	WFC 2014	WFC 2015	AC 2015	التغير في العدد الكسري المعدَّل 2015-2014
1	جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (KAUST)	49.11	72.06	174	%46.7
2	جامعة الملك عبدالعزيز (KAU)	16.95	14.43	216	%14.9–
3	جامعة الملك سعود (KAS)	2.75	5.70	43	%107.6
4	مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (KACST)	1.76	1.71	22	%2.7–
5	مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث (KFSH&RC)	3.39	1.64	15	%51.5–
6	جامعة الملك فهد للبترول والمعادن (KFUPM)	1.21	1.21	12	%0.1
7	جامعة طيبة	–	0.49	2	غير متوفر
8	جامعة الفيصل	0.52	0.43	6	%16.9–
9	جامعة الباحة	–	0.20	1	غير متوفر
10	جامعة تبوك (UT)	0.12	0.16	12	%32.2
11	مدينة الأمير سلطان الطبية العسكرية	0.23	0.14	1	%38.1–
12	مدينة الملك سعود الطبية (KSMC)	–	0.13	1	غير متوفر
13	أرامكو السعودية	–	0.13	1	غير متوفر
14	مستشفى الملك خالد التخصصي للعيون (KKESH)	0.14	0.09	3	%30.7–
15	الشركة السعودية للصناعات الأساسية (SABIC)	0.14	0.07	1	%50.0–
16	جامعة الدمام	0.15	0.06	1	%63.9–
17	جامعة القصيم (QU)	–	0.05	1	غير متوفر
18	مدينة الملك فهد الطبية (KFMC)	0.34	0.05	1	%86.7–
19	جامعة جازان	–	0.02	7	غير متوفر
20	المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني (TVTC)	0.03	0.02	1	%40.0–
21	مدينة الملك عبدالعزيز الطبية (KAMC)	0.05	0.00	2	%92.8–

أعلى 25 مؤسسة في المنطقة

2015	المؤسسة	WFC 2014	WFC 2015	AC 2015	التغير في العدد الكسري المعدَّل 2015-2014
1	معهد وايزمان للعلوم (WIS)	143.94	150.86	396	%4.8
2	الجامعة العبرية في القدس (HUJI)	97.44	107.34	285	%10.2
3	التخنيون - معهد إسرائيل التكنولوجي (IIT)	79.40	95.59	291	%20.4
4	جامعة تل أبيب (TAU)	87.32	81.61	360	%6.5–
5	جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (KAUST)	49.11	72.06	174	%46.7
6	جامعة بن غوريون في النقب (BGU)	34.14	47.42	100	%38.9
7	جامعة بار إيلان (BIU)	24.63	24.56	67	%0.3–
8	جامعة الملك عبدالعزيز (KAU)	16.95	14.43	216	%14.9–
9	جامعة بيلكنت	20.92	13.09	33	%37.4–
10	معهد بحوث العلوم الأساسية (IPM)	14.37	9.81	69	%31.7–
11	جامعة طهران (UT)	7.77	8.47	27	%9.0
12	جامعة الشرق الأوسط التقنية (METU)	3.73	7.17	61	%91.9
13	جامعة حيفا (HU)	9.01	6.57	26	%27.1–
14	جامعة شيراز	1.32	6.56	9	%398.1
15	جامعة قبرص	7.55	6.43	56	%14.8–
16	جامعة الشهيد بهشتي (SBU)	7.61	6.17	11	%18.9–
17	جامعة أصفهان للتكنولوجيا (IUT)	1.42	6.17	24	%335.5
18	جامعة شرق البحر المتوسط (EMU)	8.00	6.00	6	%25.0–
19	جامعة الملك سعود (KSU)	2.75	5.70	43	%107.6
20	معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا	3.05	4.22	7	%38.3
21	جامعة إسطنبول التقنية (ITU)	3.27	3.56	50	%8.7
22	جامعة تربية مدرس	3.94	3.04	4	%22.8–
23	جامعة مازندران	2.71	2.93	7	%7.9
24	جامعة أنقرة	2.80	2.66	80	%5.1–
25	المسح الجيولوجي الإسرائيلي	3.62	2.61	10	%27.8–

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أعلى 10 مؤسسات في علوم الحياة

2015	المؤسسة	WFC 2014	WFC 2015	AC 2015	التغير في العدد الكسري المعدَّل 2015–2014
1	معهد وايزمان للعلوم (WIS)	55.36	65.66	120	%18.6
2	الجامعة العبرية في القدس (HUJI)	38.04	42.65	106	%12.1
3	جامعة تل أبيب (TAU)	25.65	29.60	97	%15.4
4	التخنيون - معهد إسرائيل التكنولوجي (IIT)	20.49	16.24	48	%20.7–
5	جامعة بار إيلان (BIU)	11.24	11.10	36	%1.2–
6	جامعة بن جوريون في النقب (BGU)	9.68	10.63	30	%9.8
7	جامعة حيفا (HU)	5.77	5.51	19	%4.4–
8	جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (KAUST)	3.03	3.15	23	%3.9
9	جامعة الملك عبدالعزيز (KAU)	1.50	1.68	50	%11.7
10	مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث (KFSH&RC)	3.39	1.64	15	%51.5–

أعلى 10 مؤسسات في الكيمياء

2015	المؤسسة	WFC 2014	WFC 2015	AC 2015	التغير في العدد الكسري المعدَّل 2015–2014
1	معهد وايزمان للعلوم (WIS)	43.39	51.81	72	%19.4
2	جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (KAUST)	32.11	51.39	110	%60.0
3	التخنيون - معهد إسرائيل التكنولوجي (IIT)	18.71	34.46	61	%84.2
4	الجامعة العبرية في القدس (HUJI)	33.56	29.23	55	%12.9–
5	جامعة بن جوريون في النقب (BGU)	14.16	22.11	31	%56.1
6	جامعة تل أبيب (TAU)	21.31	19.24	39	%9.7–
7	جامعة الملك عبدالعزيز (KAU)	12.13	10.61	97	%12.5–
8	جامعة بار إيلان (BIU)	7.67	6.21	13	%19.0–
9	جامعة بيلكنت	10.84	5.84	11	%46.1–
10	جامعة قبرص	4.22	4.40	6	%4.3

أعلى 10 مؤسسات في العلوم الطبيعية

2015	المؤسسة	WFC 2014	WFC 2015	AC 2015	التغير في العدد الكسري المعدَّل 2015–2014
1	التخنيون - معهد إسرائيل التكنولوجي (IIT)	49.00	53.52	195	%9.2
2	معهد وايزمان للعلوم (WIS)	53.70	49.95	229	%7.0–
3	جامعة تل أبيب (TAU)	48.10	42.86	240	%10.9–
4	الجامعة العبرية في القدس (HUJI)	31.32	34.01	117	%8.6
5	جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (KAUST)	20.40	24.63	66	%20.7
6	جامعة بن جوريون في النقب (BGU)	11.46	15.42	36	%34.6
7	معهد بحوث العلوم الأساسية (IPM)	14.37	9.69	68	%32.5–
8	جامعة بيلكنت	10.77	8.48	20	%21.2–
9	جامعة بار إيلان (BIU)	7.05	7.71	19	%9.4
10	جامعة طهران (UT)	6.30	7.17	22	%13.7

أعلى 10 مؤسسات في علوم الأرض والبيئة

2015	المؤسسة	WFC 2014	WFC 2015	AC 2015	التغير في العدد الكسري المعدَّل 2015–2014
1	الجامعة العبرية في القدس (HUJI)	7.73	8.75	21	%13.2
2	جامعة بن جوريون في النقب (BGU)	3.23	5.17	12	%60.1
3	جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (KAUST)	2.65	5.15	13	%94.3
4	جامعة إسطنبول التقنية (ITU)	0.46	2.54	7	%452.1
5	المسح الجيولوجي الإسرائيلي	2.95	2.49	9	%15.7–
6	معهد وايزمان للعلوم (WIS)	4.82	1.90	4	%60.6–
7	معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا	1.00	1.82	3	%81.7
8	جامعة تل أبيب (TAU)	3.62	1.65	7	%54.4–
9	جامعة الملك سعود (KSU)	–	1.54	5	غير متوفر
10	جامعة بار إيلان (BIU)	0.68	1.43	8	%110.7

تم تقريب العدد الكسري المعدَّل لكل مؤسسة إلى أقرب خانتَيْن عَشْريَّتَيْن فقط. إذا كان لدى مؤسستين أو أكثر العدد الكسري المعدَّل نفسه، تُحَدَّد مراكزها بالتقريب لأقرب جزء من الألف (أو أكثر).

تستند هذه النتائج إلى أحدث البيانات المتاحة، اعتبارًا من يوم 12 فبراير من عام 2016. وبفضل التنقية المستمرة للبيانات، فإن الأرقام الواردة في قاعدة البيانات عرضة للتغيير، وقد تختلف عن الأرقام المذكورة في الملاحق المطبوعة.

دليل NATURE INDEX

وَصْف للمصطلحات والمنهجية المُتَّبَعَة في هذا الملحق، وكيفية الاستفادة من البيانات المتاحة مجانًا عبر موقع natureindex.com الإلكتروني.

يُعَدّ مؤشر Nature بمثابة قاعدة بيانات، تشمل التنسيب الأكاديمي لمؤلفي الأوراق البحثية، والعلاقات بين المؤسسات البحثية المختلفة. ويقوم المؤشر بتتبُّع الإسهامات في المقالات المنشورة في مجموعة من الدوريات العلمية شديدة الانتقائية، التي اختارتها مجموعة مستقلة من الباحثين الناشطين.

ويقدِّم مؤشر Nature الأعدادَ المطلقة للأبحاث المنتجة والمنشورة على المستويين المؤسسي والوطني، ومن ثم يُعَدّ مؤشرًا أيضًا للأبحاث العالمية عالية الجودة. ويتم تحديث البيانات في مؤشر Nature شهريًّا، مع إتاحة البيانات الخاصة بآخِر عام مذكور تحت مظلة رخصة «المشاع الإبداعي» على الموقع الإلكتروني: natureindex.com. ويتم تجميع قاعدة البيانات بواسطة «مجموعة Nature للنشر» بالتعاون مع شركة «ديجيتال ساينس». وحاليًّا، تتم مراجعة قائمة مجموعة الدوريات العلمية التي يَتَتَبَّعها مؤشر Nature. وقد تم توسيع نطاقها مع بداية العام الحالي (2016)؛ لتشمل العلوم الإكلينيكية.

مقاييس مؤشر Nature

يَستخدِم مؤشر Nature أربعة مقاييس لرصد بيانات التنسيب الأكاديمي الخاص بالباحثين. ويُعَدّ أبسط تلك المقاييس هو عدد المقالات (AC). ويحصل كل بلد ـ أو مؤسسة ـ على نتيجة (1) على كل مقال، إذا ما تَضَمَّنَ المقال مؤلِّفًا واحدًا على الأقل من ذلك البلد، أو تلك المؤسسة، سواء أكان للمقال مؤلِّف واحد، أم مئة مؤلف، مما يعني أن المقال الواحد يمكن أن يسهم في عدد المقالات المخصص لبلدان أو مؤسسات متعددة.

ولمعرفة مدى إسهام بلد أو مؤسسة في مقال معين، ولاستبعاد إمكانية عَدّ المقالات أكثر من مرة، يَستخدِم مؤشر Nature العدد الكسري (FC)، الذي يأخذ في الاعتبار الإسهام النسبي لكل مؤلف في مقال بعينه. ويساوي إجمالي العدد الكسري لكل مقال (1)، وهذا الرقم موزَّع على جميع مؤلفي المقال، على افتراض أنهم أسهموا بالتساوي في تأليفه. فعلى سبيل المثال.. عندما يكون لدينا مقال، أَعَدَّه عشرة مؤلفين، فهذا يعني أن كل مؤلف يحصل على عدد كسري مقداره (0.1). وفيما يخص المؤلفين الذين لديهم انتماءات مشتركة، يتم تقسيم العدد الكسري الفردي بالتساوي بين كل انتماء.

أما المقياس الثالث الذي يستخدمه المؤشر، فهو العدد الكسري المعدَّل (WFC)، الذي يتم الحصول عليه من خلال تعديل العدد الكسري، بحيث يأخذ في اعتباره العدد الضخم من الأوراق البحثية المنشورة في مجالَي علم الفلك، وعلم الفيزياء الفلكية، إذ تنشر الدوريات الأربع المتخصصة في هذين الفرعين حوالي 50% من جميع المقالات العلمية المنشورة في الدوريات الدولية المتخصصة في هذا المجال، أي ما يقرب من خمسة أضعاف النسبة المئوية المناظِرة لها فيما يخص المجالات الأخرى. ومن ثم، فعلى الرغم من أن جَمْع البيانات الخاصة بعلم الفلك والفيزياء الفلكية يتم بطريقة مماثلة تمامًا للطريقة المستخدَمة في المجالات والتخصصات الأخرى، يُخَصَّص للمقالات المنشورة في هذه الدوريات خُمْس الوزن المرجَّح للمقالات الأخرى (أي أن العدد الكسري يتم ضربه في 2.0؛ للحصول على العدد الكسري المعدَّل).

ويتم حساب إجمالي العدد الكسري ـ أو العدد الكسري المعدَّل لمؤسسة ما ـ من خلال إجمالي العدد الكسري، أو العدد الكسري المعدَّل للمؤلفين المنتمين إليها. أما المقياس الرابع، فيتمثل في درجة التعاون (انظر: «الملحق»). وتتشابه عملية رصد البيانات بالنسبة إلى الدول، رغم أن ما يزيدها تعقيدًا هو حقيقة أن هناك مؤسسات لديها مختبرات في الخارج، يتم حساب عددها ضمن الأعداد الإجمالية للبلد المضيف. والأكثر من ذلك.. أن هناك تنوعًا كبيرًا في طريقة تعبير المؤلفين عن انتماءاتهم. ويتم بذل جهود كبيرة من أجل عَدّ الانتماءات، وحَصْرها بشكل متسق، مع خلفية من الافتراضات المعقولة.

وللحصول على مزيد من المعلومات بشأن كيفية معالجة بيانات التنسيب الأكاديمي وحسابها، يُرجَى الاطلاع على قسم «الأسئلة المتكررة» على موقع المؤشر: natureindex.com.

الملحق

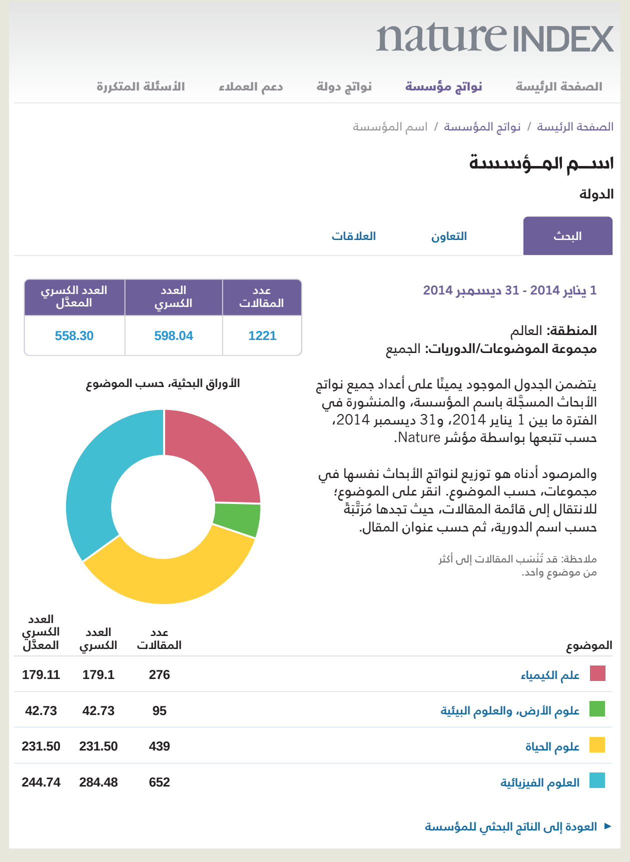
يَعتمِد مؤشر Nature لعام 2016 ـ الخاص بالمملكة العربية السعودية ـ على بيانات مأخوذة من مؤشر Nature، حيث يغطي المقالات التي نُشرت أثناء السنوات الأربع المتتالية، من 1 يناير 2012، حتى 31 ديسمبر 2015.

وتَستخدِم غالبية التحليلات داخل الملحق العددَ الكسري المعدَّل، بوصفه المقياس الرئيس، حيث إنه يقدِّم أساسًا أكثر تجانسًا؛ للمقارنة عبر التخصصات المتعددة، ولتحديد الإسهام النسبي لكل دولة أو مؤسسة. وتشير أقسام ورسوم بيانية أيضًا إلى «مقياس درجة التعاون»؛ وهو مقياس جديد نسبيًّا، يتم اشتقاقه من خلال إضافة العدد الكسري لجميع العلاقات الثنائية لتلك المؤسسة، أو الدولة. فإذا كان لدى المؤسسة (أ) علاقات مع مؤسستين أخريين، هما المؤسسة (ب)، والمؤسسة (ج)؛ فعندئذ تُحتَسَب درجة التعاون على أنها مجموع العدد الكسري لـ (أ) + (ب)، و(أ) + (ج). ■

NATUREINDEX.COM

مؤشِّر عالمي للأبحاث العلمية عالية الجودة

يمكن لمستخدمي الموقع الإلكتروني natureindex.com البحث عن مؤسسات، أو دول بعينها؛ واستخلاص التقارير الخاصة بها، حيث يتم ترتيبها من حيث عدد المقالات (AC)، أو العدد الكسري (FC)، أو العدد الكسري المعدَّل (WFC). ويستعرض كل استفسار صفحة تعريفية، تتضمن قائمة بنواتج الأبحاث الحديثة للمؤسسة أو الدولة، ويمكن الانتقال إلى مزيد من المعلومات. فعلى سبيل المثال.. يمكن عرض المقالات باسم الدورية، ثم بعنوان المقال. ومثلما يحدث في الملحق، يتم ترتيب نواتج الأبحاث بعناوين الموضوعات. وتتضمن الصفحة التعريفية قائمة بأهم وأبرز الجهات المتعاونة مع المؤسسة أو الدولة، إلى جانب علاقاتها بالمنظمات والهيئات البحثية الأخرى.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحـــــاث

الشكل 1 | دورة الكربون الجيولوجية. يتم تدوير الكربون ما بين الغلاف الجوي وباطن الأرض على مدى فترات زمنية تمتد من عشرات إلى مئات الملايين من السنين. تستهلك عمليات التجوية الكيميائية المرتبطة بهطول الأمطار ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي، كما يتم دفن الكربون أيضًا في الأحواض الرسوبية. وتتسبب العمليات البركانية وعمليات التحول الصخري (التي تعيد تشكيل المعادن دون أن تنصهر) في إطلاق الكربون من باطن الأرض إلى الغلاف الجوي مرة أخرى. وقد درس مورفي وزملاؤه[1] تطور القنوات النهرية في الجزيرة الكبيرة في هاواي، فوجدوا أن الهطول الإقليمي يؤثر على قوة صخور القاع وعلى التجوية الكيميائية – ما يحسن من فهمنا للعلاقات التي تربط بين العمليات التي تؤثر على دورة الكربون طويلة المدى.

الجيوكيميائية

تأثيــر المطــر علــى الصخــور والأنهـــار

يُظْهِر تحليلٌ حديث أن هَطْل الأمطار هو أحد العوامل الرئيسة التي تؤثر في تطور القنوات النهرية في الجزيرة الكبيرة في هاواي، حيث تَبَيَّن تأثيره على قوة صخور القاع، وليس على تصريف النهر، كما هو شائع.

أليسون إم. أنْدِرس

أعلن مورفي وزملاؤه[1] في بحثهم المنشور بدورية *Nature* أن هَطْل الأمطار يُضْعِف الصخور بشكل ملحوظ، عن طريق الانحلال الكيميائي، حيث تتسبب زيادة معدلات هَطْل الأمطار في رفع المعدلات الإقليمية للتجريف النهري. تكمن أهمية هذه النتيجة في كونها تساعد على وضع أساس لتحديد العلاقة بين الانحلال الكيميائي ـ الذي يَستهلِك ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي ـ والتجريف النهري، الذي يحدد وتيرة التجريف العام على نطاق المناظر الطبيعية الشاسعة في السلاسل الجبلية الخالية من الثلوج.

تتأثر دورة الكربون العامة في العالَم بمجموعة من العمليات التي تحدث على نطاقات زمنية جيولوجية تبلغ عشرات الملايين من السنين[2]. فمثلًا، يمكن تخزين كميات كبيرة من الكربون في جوف الأرض في الفحم، أو في النفط، أو الحجر الجيري، وذلك مع تطور الأحواض الرسوبية. ويُمتص ثاني أكسيد الكربون عندما يؤدي تكوين الجبال إلى تعريض معادن السيليكات لتفاعلات الانحلال الكيميائي (الشكل 1). وعلى الجانب الآخر من الموازنة، يُعاد إطلاق الكربون المخزَّن في باطن الأرض إلى الغلاف الجوي عن طريق العملية البركانية، وعملية التحول الصخري (وهي التغيرات التي تحدث في المحتوى المعدني، وفي بِنْيَة الصخور عند درجات الحرارة والضغط المعتدلة، عدا عملية الانصهار).

يكمن رد الفعل المحتمَل حدوثه في دورة الكربون طويلة المدى هذه في العلاقات التي تربط بين معدلات نمو الجبال، والتجريف الكيميائي والفيزيائي للطوبوغرافيا الجبلية، وانخفاض مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وكذلك تغيرات المناخ العالمي. نُوقش[3-5] بعض تلك العلاقات، باعتباره تفسيرات محتملة لحدوث التبريد العالمي الملحوظ، والنمو المتسارع للسلاسل الجبلية، وزيادة دور التجريف الثلجي في تشكيل السلاسل الجبلية، وكذلك انخفاض مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي حتى بداية الثورة الصناعية، وذلك بشكل متزامن على مدار الخمسين مليون عام الماضية. إنَّ فَهْم تأثير المناخ على معدلات التجريف مهم للغاية للكشف عن هذه العلاقات المعقدة؛ إلا أن تطوير هذا الفهم كان أمرًا صعبًا[6,7].

تَصَدَّى مورفي وزملاؤه في عملهم لهذه المشكلة من خلال قياس تباين قوة البازلت وتكوينه الكيميائي (وهو أكثر الصخور البركانية شيوعًا)، وهو موجود على امتداد وديان النهر ذي التدرجات الكبيرة في المعدلات السنوية للهَطْل في الجزيرة الكبيرة في هاواي. إن طوبوغرافيا الجزيرة الكبيرة قبل حدوث التجريف معروفة، فقد تكونت من بركان "درعي"، وهو نوع من البراكين يمتاز بشكله الهندسي الذي يمكن توقُّعه. ولذا.. يمكن استخدام السمات الطوبوغرافية على امتداد الأنهار في الجزيرة الكبيرة؛ لاشتقاق المعدلات المتوسطة لشق ونحت الأنهار على مدار العمر المحدَّد جيدًا لانسياب الحِمَم البازلتية التي كَوَّنَت الجزيرة.

قام المؤلفون بمقارنة معدلات الشق والنحت تلك بمتوسط المعدلات الحديثة السنوية للهَطْل، وبقوة الصخور؛ فوجدوا أنه على الجانب الجاف من الجزيرة، تضعف الصخور كلما ارتفع متوسط المعدلات الحديثة السنوية للهَطْل؛ مما يكشف عن ضعف البازلت مع تعرُّضه للعمليات الجوية الكيميائية المتصاعدة. أما على الجانب الرطب من الجزيرة، فإن الصخور أضعف بكثير، وهي تقوى مع تزايد معدلات شق ونحت الأنهار للقاع. ويرجع ذلك إلى كون العمليات الجوية الكيميائية قد تطورت بصورة تدريجية، حتى وصلت إلى مرحلة تفوق الجانب الجاف، كما أن الصخور الجديدة التي يُكْشَف عنها إثر عملية شق الأنهار للقاع تزيد من قوة الصخور في المواضع ذات المعدلات العالية من تلك العملية.

ومن ثم، قام مورفي وزملاؤه بإنشاء نموذج تنبؤي لعملية الشق والنحت تلك، يتضمن تأثير الهَطْل الإقليمي على قوة صخور القاع، وأظهروا أنه يعيد إنتاج الطوبوغرافيا المرصودة للقناة النهرية، إلا أن هذا النموذج يعجز عن إعادة إنتاج تلك الملاحظات، إذا ما تم تجاهل هذا التأثير، حتى لو تم وضع التباين الفراغي الخاص بالهَطْل في الاعتبار عند محاكاة تصريف النهر (معدل الانسياب). ويقترح النموذج أن العوامل

الجوية الكيميائية تقوم بدور محوري في تغيير معدلات التجريف الفيزيائي حين تكون هذه المعدلات معتدلة، إلا أن تأثير العوامل الجوية الكيميائية على التجريف ككل يكون أخف بكثير في المواضع التي تتعرض لتجريف فيزيائي سريع.

وعلى الرغم من أن الطبيعة التكميلية للعمليات الجوية الكيميائية والتجريف الفيزيائي قد أُدركت منطقيًّا منذ زمن، إلا أن هذا البحث يعبِّر عنها بشكل محدد في سياق تطور المناظر الطبيعية، وذلك قليلًا ما يحدث[8]. وإضافة إلى ذلك.. تسلِّط دراسة مورفي وزملاؤه الضوء على الافتراض الدقيق والمحوري، الذي عادةً ما يُغْفَل عنه، والذي تَسَبَّب في إعاقة فَهْمنا للعلاقة بين المناخ والتجريف، وهو فكرة أن تأثير التباين الفراغي في الهَطْل يخضع في الأساس لأثر الهَطْل على تصريف النهر. وبدلًا من ذلك.. يوضح المؤلفون أن التأثير الرئيس للهَطْل يكمن في دوره في قيادة العوامل الجوية الكيميائية. يؤثر التباين الفراغي بشكل كبير على الأنماط الفراغية لمقاومة التجريف، المرصودة في طوبوغرافيا القنوات النهرية؛ إلا أن تأثير تدرُّج الهَطْل على تصريف النهر يظهر بدرجة أقل بكثير، إذ يعتمد التصريف فقط على متوسط الهَطْل على مساحة التصريف بالكامل.

إن اكتشاف أن التأثير الرئيس للتباين الفراغي في الهَطْل على التجريف النهري يحدث عن طريق العوامل الجوية الكيميائية يشير أيضًا إلى طرق أخرى، يمكن من خلالها أن يؤثر الهَطْل على معدلات التجريف الإقليمية. فعلى سبيل المثال.. يتحكم الهَطْل المطري في نوع النبات الذي قد ينمو في المنطقة، الأمر الذي يؤثر بدوره على معدلات العوامل الجوية الكيميائية، وعلى المقاومة الفيزيائية للتجريف.

وعلى الرغم من أن مجهودات المؤلفين في تحديد تأثير الهَطْل على العوامل الجوية الكيميائية وعلى صلابة الصخور مثيرة للإعجاب، إلا أنه لا يزال هناك قدر كبير من الشك حيالها. فلربما ظلت أنماط الهَطْل ثابتة على امتداد مئات الآلاف من السنين، التي تطورت أثناءها القنوات النهرية؛ لكن بالنسبة إلى أي فترات زمنية أخرى غير القرن الذي مضى، تظل تقديراتنا للمقدار الكُلِّي للهَطْل محدودة. كما أنه ـ وعلى امتداد الجزء الأكبر من تلك الفترة الزمنية ـ كان المناخ العالمي أبرد مما هو عليه الآن، ما يشير إلى أن متوسط المعدلات الحديثة السنوية للهَطْل في هاواي يزيد على الأرجح عما كان عليه على مدى عُمْر القنوات النهرية[9]. ويعني ذلك ضمنًا أن الحساسية المسجَّلة للهَطْل قد تكون أقل من قِيَمها الحقيقية، كما يؤكد هذا الأمر على أهمية الحذر عند تطبيق العلاقات المرصودة على نطاق أوسع.

ومع ذلك.. تُعتبر دراسة مورفي وزملائه إسهامًا قَيِّمًا لِفَهْمنا المتنامي للتفاعلات فيما بين المناخ العالمي والعوامل الجوية المتعلقة بالصخور وتجريف الجبال والدورة الكربونية طويلة المدى. وفي الغالب، ستسهم الجُزُر الاستوائية البركانية بمقدار لا يتناسب مع حجمها في حدوث العوامل الجوية الكيميائية حول العالم، بسبب مناخها الدافئ والرطب، ووجود وفرة من صخور البازلت الحديثة، التي يسهل تأثرها بالعوامل الجوية[10]. ولكي نحدد تأثير المناخ على العوامل الجوية والتجريف حول العالم، ينبغي علينا أيضًا أن نفهم العوامل الجوية التي تؤثر على صخور القاع في السلاسل الجبلية الجليدية، وفي المناخ البارد، إذ إن هذه العمليات تتصدر المشهد الذي حدث في مساحات كبيرة من القشرة القارية في التاريخ الجيولوجي الحديث للأرض. ■

أليسون إمر. أَنْدِرس تعمل في قسم الجيولوجيا، جامعة إلينوي، شامبين، إلينوي 61820، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: amanders@illinois.edu

1. Murphy, B. P., Johnson, J. P. L., Gasparini, N. M. & Sklar, L. S. *Nature* **532,** 223–227 (2016).
2. Berner, R. A. *Nature* **426,** 323–326 (2003).
3. Molnar, P. & England, P. *Nature* **346,** 29–34 (1990).
4. Whipple, K. X. & Tucker, G. E. *J. Geophys. Res.* **104,** 17661–17674 (1999).
5. Willenbring, J. K. & Jerolmack, D. J. *Terra Nova* **28,** 11–18 (2016).
6. Herman, F. *et al. Nature* **504,** 423–426 (2013).
7. Whipple, K. X. *Science* **346,** 918–919 (2014).
8. Dixon, J. L., Heimsath, A. M. & Amundson, R. *Earth Surf. Process. Landforms* **34,** 1507–1521 (2009).
9. Sheldon, N. D. *J. Geol.* **114,** 367–376 (2006).
10. Gaillardet, J., Dupré, B., Louvat, P. & Allègre, C. J. *Chem. Geol.* **159,** 3–30 (1999).

فيزياء نووية

أربعة نيوترونات تجتمع للحظات

النواة رباعية النيوترونات هي حالة افتراضية في الفيزياء النووية. ومن شأن الأدلة التي تشير إلى وجود عابر لهذه الحالة أن تؤثر على الأبحاث التي تتم على النجوم النيوترونية.

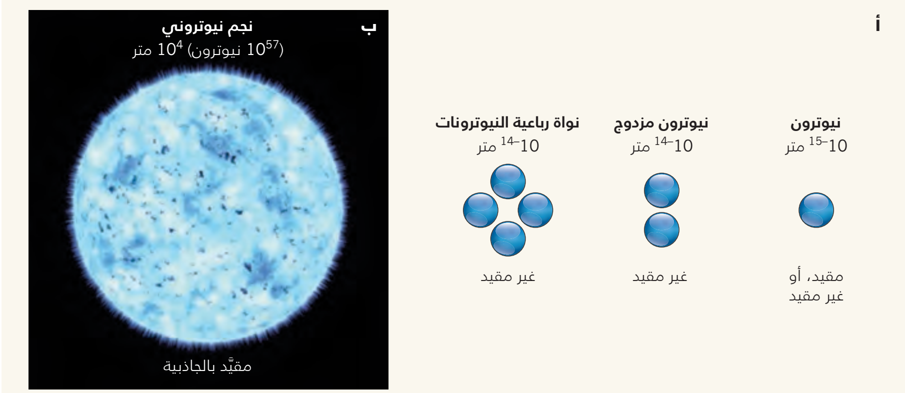
كارلوس إيه. بيرتولاني، وفلاديمير زيليفينسكي

تتكون النوى الذرية من بروتونات ونيوترونات، تُعرف بشكل عام بالنوكليونات، وهي ليست جسيمات أولية حقيقية، إذ إنها تحوي كواركات وجلونات تتفاعل مع بعضها البعض، من خلال ما يُعرف بالقوة الشديدة (واحدة من قوى الطبيعة الأربع الأساسية). وللتفاعل القوي خصائص محيرة، أكثرها غرابة هو كون الكواركات والجلونات غير حرة أبدًا، فهي مقيدة دائما داخل النوكليونات. ولا يزال العلماء النظريون يجاهدون لإيجاد حلول محددة للحالات المختلفة من الأنظمة عالية التعقيد، المكونة من الكواركات والجلونات، وأيضًا لفَهْم القوة التي تربط بين اثنين من النوكليونات، والتي تمتد إلى ما هو أبعد من منطقة التقيد. وإحدى الحالات التي طال البحث عنها هي النظام رباعي النيوترونات، المعروف بالنوى رباعية النيوترونات، الذي ليس له شحنة كهربائية. ومن ثم، يقدم كيساموري وزملاؤه[1] في بحثهم المنشور في دورية "فيزيكال ريفيو ليترز" *Physical Review Letters* الدليل على وجود مثل تلك الحالة.

في هذه التجربة، تم استخدام جسيمات ألفا المتماسكة بقوة (التي تتألف من بروتونين ونيوترونين، وبالتالي فهي مطابقة لنوى هيليوم-4) وسط سائل من هيليوم-4 (^{4}He)، واعتُبرت هدفًا لحزمة ساقطة من هيليوم-8 (^{8}He)، وهو "النواة المقذوفة"). يحتوي هيليوم-8 على بروتونين اثنين، وستة نيوترونات، ويتم إنتاجه في تفاعلات التفتيت النووي، التي يضرب فيها أكسجين-18 هدفًا من البيريليوم. إن التفاعل بين ^{8}He و^{4}He اختيار مناسب لتوليد النوى رباعية النيوترونات، إذ إن النيوترونات الأربعة الإضافية في ^{8}He ضعيفة الترابط فيما بينها، ومن ثم يمكن تحويلها بسهولة أثناء التفاعل مع ^{4}He.

وقد لاحظ الباحثون أن مقذوف ^{8}He يتبادل وحدتين من الشحنة مع الهدف ^{4}He، ومن ثم يتحول إلى نواة بيريليوم-8 (^{8}Be)، وهو يتكون من أربعة بروتونات، وأربعة نيوترونات)، تم قياس طاقتها بدقة عالية. وبسبب حفظ الشحنة، يتم استبدال بروتونين في نواة الهدف ^{4}He بنيوترونات، وهو ما يولد نظامًا رباعي النيوترونات في حالة شبه مقيدة، لا يدوم سوى بضع من 10^{-22} من الثانية، وبعد ذلك يتفكك إلى نيوترونات حرة. وتظهر هذه الحالة قصيرة المدى على هيئة نتوء في طيف الطاقة الخاص بنواة ^{8}Be، وتصدر تلك الطاقة من عملية التفاعل.

تتطابق القوى النووية بشكل جوهري بين كل النوكليونات، سواء أكانت بروتونات، أم نيوترونات. ولذا.. قد يبدو غريبًا ألّا



الشكل 1 | الأنظمة النيوترونية. أ، للنيوترونات نصف قطر يبلغ نحو فيمتو متر واحد (أي 10^{-15} مترًا)، ويمكن أن تكون إمّا مقيدة بنواة، أو حرة (على الرغم من أن النيوترونات غير المقيدة تضمحل خلال حوالي 15 دقيقة). أما النيوترونات المزدوجة، التي تتألف من اثنين من النيوترونات غير المقيدة، فحجمها أكبر بعشرة أضعاف، وهي غير مستقرة. ويحوي بَحْث كيساموري وزملائه[1] دليلًا على وجود نواة رباعية النيوترونات، تمكث في حالة رنانة لمدة حوالي 10^{-22} ثانية قبل تحللها إلى نيوترونات حرة. **ب،** إذا تم تأكيد وجود حالة النواة رباعية النيوترونات؛ فسوف يساعد ذلك على إيضاح التفاعلات النووية في الأنظمة قليلة النوكليونات، وربما حتى في النجوم النيوترونية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تكون النواة رباعية النيوترونات مترابطة، بينما جسيمات ألفا ذات البروتونين والنيوترونين مترابطة بقوة؛ على الرغم من التنافر الكهربائي الإضافي الموجود بين البروتونات. ويستند تفسير ذلك إلى مبدأ استبعاد باولي، الذي يحظر أن يشغل نوكليونان متطابقان حالة كمية واحدة. وفي جسيمات ألفا، يمكن للجسيمات الأربعة أن تكون في الحالة نفسها، إذ إن الحركة المغزلية للبروتونين متعاكسة، وكذلك النيوترونين؛ حتى يتسنى للنوكليونات الأربعة أن تكون مختلفة، لكن بالنسبة إلى أربعة نيوترونات، قد يكون زوج واحد فقط في حالة الطاقة الأدنى؛ مما يدفع الزوج الثاني إلى حالة طاقة أعلى؛ وهو ما يجعل النواة رباعية النيوترونات غير مستقرة.

من خلال تطبيق مبدأ حفظ الطاقة في التفاعل النووي موضع البحث، استنتج كيساموري وزملاؤه أن نظام النواة رباعية النيوترونات به طاقة إثارة داخلية، مقدارها يقترب من 0.8 مليون إلكترون فولت (MeV)؛ وهي تساوي الفَرْق بين كتلة النواة رباعية النيوترونات، وكتلة النيوترونات الأربعة، إذا كانت نيوترونات حرة. وإذا كان مقدار هذا الفارق أقل من الصفر، إذًا فالنظام مقيد. أما في حالة النواة رباعية النيوترونات محل التجربة، فإن الفارق أعلى من الصفر، مما يجعل من هذا النظام نظامًا غير مقيد، يظل مرتبطًا لفترة قصيرة، ثم يتفكك إلى نيوترونات حرة. وبالرغم من أن الخطأ الإحصائي (0.65± مليون إلكترون فولت) والخطأ المنهجي (1.25± مليون إلكترون فولت) في التجربة كبيرين، إلا أن حالة وجود النواة رباعية النيوترونات حالة ساحرة وأخّاذة. يبلغ عرض النتوء الموجود في طيف طاقة ^{8}Be حوالي 2.6 مليون إلكترون فولت، ويوحي عدم التيقن هذا بأن تلك الحالة سوف تتحلل في نهاية المطاف لتتحول إلى حالة كمية أخرى.

استمرت عملية البحث عن النواة رباعية النيوترونات لأكثر من نصف قرن، وأعلن باحثون تجريبيون اكتشاف هذه الحالة من قبل. ففي عام 2002، ادَّعت مجموعة بحثية تعاونية إيجاد نواة مقيدة رباعية النيوترونات[2] في تجربة تقوم على الكشف عن مجموعات نيوترونية تشكَّلت بفعل تفتيت مقذوفات بيريليوم-41، لكن النتائج ما زالت غير مؤكدة، وسرعان ما قام الباحثون النظريون بإظهار أنه بناء على المعرفة الأفضل لتفاعلات نوكليويين مع بعضهما، إلى جانب نقاط جدل أخرى[3,4]، فإن وجود نواة مقيدة رباعية النيوترونات كان شبه مستحيل.

ومع ذلك.. لم يستطع العلماء النظريون استبعاد وجود نواة رباعية النيوترونات كحالة "رنانة" قصيرة الأجل، بناءً على هيكل[4,3] مكون من اثنين من النيوترونات المزدوجة. تتكون حالة النيوترون المزدوج من نيوترونين، وهي حالة غير مستقرة. وتُعرف تلك الحالة بأنها حالة افتراضية.. فإذا ما تم تخفيض طاقتها بمقدار 66 كيلو إلكترون فولت؛ عندها سيصبح نظام النيوترون المزدوج مقيدًا. وقد تمت قبل ذلك بعقود الإشارة إلى[5] أن النيوترونات المزدوجة يمكن أن تصبح مقيدة في وجود نوكليونات إضافية. وهذه الآلية مسؤولة عن خصائص بعض النوى المقيدة، التي بها فائض من النيوترونات، مثل ليثيوم-11، الذي يشكِّل فيه زوج من النيوترونات الخارجية هالة نائية حول مركز ليثيوم-9.

ولا يمكن للنواة رباعية النيوترونات أن تشكِّل نواة ذَرِّيَّة، إذ إنها متعادلة الشحنة، وبالتالي لا يمكنها أن تحمل إلكترونات، لكن هناك علاقة حميمة بين بنية النواة رباعية النيوترونات، والدراسات النظرية للنجوم النيوترونية (الشكل 1)، التي يتم ضغط النيوترونات فيها، حتى تصل كثافتها إلى أكثر من 10^{14} ضعف كثافة الماء[6]. وتتم حمايتها من أن تنفجر عن طريق بذل ضغط خارجي بواسطة التفاعل بين نوكليونين، وغيره من الآثار الميكانيكية الكمية.

وبذلك.. يأمل علماء الفيزياء النووية أن يتمكنوا من الوصول إلى فَهْم كامل للكيفية التي تولد بها الكواركات والجلونات داخل النوكليونات القوى التي تربط بين نوكليونين، وكيف تتطور التكوينات ذات الجسيمات المتعددة؛ لتشكل هياكل معقدة، مثل نوى اليورانيوم، والنجوم النيوترونية. إنها مهمة ضخمة، بها أجزاء مفهومة بشكل جيد، لكن هناك أيضًا عدة حلقات مفقودة. ولذلك.. إذا تم تأكيد صحة تقرير كيساموري وزملائه حول حالة النواة رباعية النيوترونات، ولو حتى كحالة رنانة قصيرة الأجل؛ فإنه سيضيف بِنْيَة أخرى للرسم البياني النووي، الذي سيساعد على تطوير فَهْمنا للتفاعل النووي. ■

كارلوس إيه. بيرتولاني يعمل في قسم الفيزياء وعلم الفلك، جامعة تكساس إيه آند إم - التجارة، تجارة، تكساس 75429-3011، الولايات المتحدة الأمريكية.
فلاديمير زيليفينسكي يعمل في قسم الفيزياء وعلم الفلك، جامعة ولاية متشيجان، إيست لانسنج، متشيجان 48824-1321، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: carlos.bertulani@tamuc.edu; zelevinsky@nscl.msu.edu

1. Kisamori, K. *et al. Phys. Rev. Lett.* **116,** 052501 (2016).
2. Marqués, F. M. *et al. Phys. Rev. C* **65,** 044006 (2002).
3. Bertulani, C. A. & Zelevinsky, V. *J. Phys. G* **29,** 2431–2437 (2003).
4. Pieper, S. C. *Phys. Rev. Lett.* **90,** 252501 (2003).
5. Migdal, A. B. *Sov. J. Nucl. Phys.* **16,** 238–241 (1973).
6. Shapiro, S. L. & Teukolsky, S. A. *Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars* (Wiley, 1983).

علم الأحياء البنيوية

كيف تعمل مضادات الاكتئاب؟

الكشف عن هيكل البروتين الناقل للسيروتونين "SERT" أثناء ارتباطه بنوعين من مضادات الاكتئاب يلقي الضوء على طريقة عمل هذه الأدوية، ويشير إلى أهداف محتملة لعمليات تطوير الدواء في المستقبل.

مارك جي. كارون، وأولريك جيتر

للمرة الأولى يقدِّم كولمان وزملاؤه[1] هيكل البروتين الناقل للسيروتونين (SERT) بدقة عالية. يقبض هذا البروتين على جزيئات السيروتونين التي تُطْلِقها الخلية، ومن ثم يعدِّل تأثيرات السيروتونين على الخلايا العصبية المجاورة. وقد يتساءل مَن لا يعرفون الكثير عن بروتين SERT عن أهمية الكشف عن هيكل هذا البروتين: فأولًا، من الصعب تقنيًّا تنقية كميات كبيرة من البروتين بما يكفي لتحديد بِنْيَته؛ وثانيًا، قد يقدِّم تصوُّرُ التركيب الجزيئي المفصّل لبروتين كهذا فرصًا غير مسبوقة لتطوير علاجات أكثر انتقائية وفعالية لأمراض معينة، مثل مرض الاكتئاب.

تُطْلِق جزيئات الناقلات العصبية السيروتونين، والدوبامين، والنورادرينالين من خلايا عصبية معينة، ثم تجتاز الشق المشبكيّ؛ لترتبط بمستقبِلات على الخلايا العصبية المجاورة، حيث تعدّل تأثيرات إشارات التحفيز أو التثبيط السريعة الآتية من الناقلات العصبية الأخرى. ينتمي بروتين SERT وناقلات الدوبامين (DAT) وناقلات النورادرينالين (NET) إلى أسرة ناقل الصوديوم العصبي (NSS)، التي تنتمي في حد ذاتها إلى ثاني أكبر فئة من البروتينات الثديية الممتدة عبر الأغشية، وهي بروتينات ناقلة للأيونات والجزيئات الصغيرة والمواد المغذية من خارج الخلايا إلى داخلها والعكس. ويُعبِّر عن بروتينات SERT وDAT وNET انتقائيًّا على أسطح الخلايا العصبية قبل المشبكيّة[2]، وهي تعمل على إنهاء التأثيرات المعدِّلة للناقلات العصبية ـ السيروتونين، والدوبامين، والنورادرينالين ـ عن طريق نقلها إلى داخل الخلية مرة أخرى.

أظهرت دراسات الاستئصال الجيني[3] التي أُجريت قبل 20 عامًا تقريبًا أن تلك الناقلات الثلاثة تلعب دورًا أساسيًّا في الحفاظ على التحكّم اليومي في التأشير العصبي. كما يؤكد على أهميتها الاكتشاف الأخير[4] بأن طفرات جينية نادرة في الجينات التي ترمِّزها ترتبط بأمراض معينة، كالتوحّد، واضطراب نقص الانتباه وفرط النشاط (ADHD)، ومرض باركنسون.

تُظْهِر العقاقير ـ مثل الكوكايين، والأمفيتامين، والإكستاسي ـ تأثيرها النفسي المنشّط عن طريق اختطاف تلك البروتينات الناقلة. كما تُستخدم الأدوية التي تستهدف بروتينات SERT وNET وDAT لعلاج حالات الاكتئاب واضطراب نقص الانتباه وفرط النشاط، إلى جانب حالات أخرى. تقوم مضادات الاكتئاب ـ ومن ضمنها مثبطات استرجاع السيروتونين الانتقائية (SSRIs)، ومثبطات استرجاع السيروتونين والنورادرينالين (SNRIs) ـ بحصر الناقلات؛ ومن ثم فهي تمنع استرجاع الناقل العصبي، وبالتالي تؤدي إلى زيادة توافره ونشاطه الكُلِّي في المشبك. من الناحية النظرية، هذه هي الطريقة التي تخفف بها مركبات SSRI وSNRI بعضًا من أعراض الاكتئاب وغيره من الحالات ذات الصلة بالمزاج.

في عام 2005، قامت المجموعة نفسها التي نفَّذت الدراسة الحالية بالكشف عن هيكل[5] بروتين LeuT، وهو النسخة البكتيرية لبروتين SERT. يشارك هذا البروتين في امتصاص العناصر الغذائية في هذه الكائنات وحيدة الخلية، كما يعمل بشكل مماثل لبروتين SERT. وفي عام 2013، قامت المجموعة نفسها بالكشف عن هيكل بروتين DAT في ذبابة الفاكهة[6]. وقد أشارت هذه الدراسة إلى أن النظام الهيكلي الخاص بتلك البروتينات محافَظ عليه تطوريًّا بدرجة عالية، كما حدد الباحثون عدة عناصر هيكلية تشير إلى أن الآلية التي يقوم من خلالها ناقل الصوديوم العصبي بنقل الركائز الخاصة بها محافَظ عليها أيضًا. ومن خلال تقديمها لمحات جزيئية لهيكل النوع البشري من بروتين SERT، تثبت الدراسة الحالية أنه حين تجد الطبيعة طريقة لفعل شيء ما، فهي تظل تعيده مرارًا وتكرارًا، لكن في حالة بروتين SERT، فالأمر يختلف بشكل مثير للاهتمام.

ولكي نتمكن من التعرف على الهياكل بدقة عالية باستخدام التصوير البلوري بالأشعة السينية، يجب فصل كميات كبيرة من البروتينات في صورة نقية. ومن المعروف أن فصل البروتينات الممتدة عبر الغشاء أمر عسير، إذ إنها تفقد استقرارها بمجرد إخراجها من وسط الغشاء ثنائي الطبقة الكارِهِ للماء. وقد تَمَكَّن العلماءُ في السابق من زيادة استقرار بروتينات الغشاء بنجاح، عن طريق إحداث طفرات، أو تحفيز تشكيل مركب ذي بروتينات سهلة التبلور، أو حتى تطوير أجسام مضادة مثبِّتة للبروتينات الأصلية[7]. أما كولمان وزملاؤه، فقد



خمسون عامًا مضت

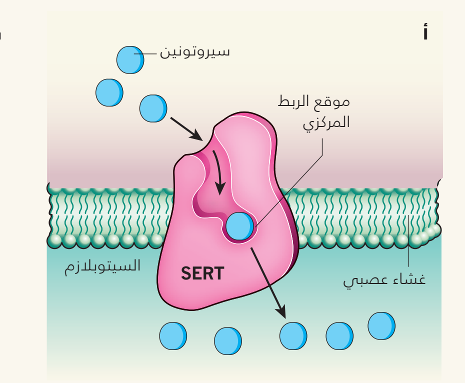
مدى الاستجابة للتنويم المغناطيسي. إرنست آر. هيلجارد - أجرى إرنست هيلجارد وشريكه في العمل عددًا كبيرًا من الدراسات التي كانت تهدف إلى فحص العديد من الظواهر المنوِّمة على عدد كبير من طلاب الجامعة خلال السنوات الثماني الماضية. وكان موضوع الفروق الفردية في "القابلية للتنويم المغناطيسي" من النقاط الرئيسة محور الاهتمام. وأثناء إجراء هذه الدراسات وُضعت عدة معايير للتقييم الكَمِّي لمدى الاستجابة للتنويم المغناطيسي. وهناك ثلاثة مقاييس عامة، ومقياس ينتج بيانات عن قدرة التنويم المغناطيسي. وهناك دلائل إحصائية مقنِعة بشأن صحتها ومصداقيتها. وقد اعتنى الجزء الأخير من الكتاب بعلاقة مدى الاستجابة للتنويم المغناطيسي بعدد من المتغيرات الشخصية. وعلى الرغم من ظهور بعض الروابط الكبيرة، إلا أنها ليست كافية لوصف شخص قابل للتنويم المغناطيسي بوضوح.

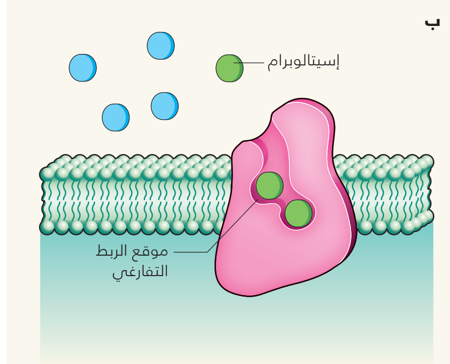
من دورية *Nature*، عدد 30 إبريل 1966

مئة عام مضت

تميَّزت النيازك الكبيرة التي مَرَّت على أمريكا الشمالية في 9 فبراير 1913 ببعض الميزات الفريدة؛ فقد قطعت نحو 2600 ميل في مسارات متحدة المركز، أو شبه متحدة المركز بالنسبة إلى سطح الأرض؛ فشكَّلت أقمارًا صناعية أرضية جديدة، وذلك لحين من الوقت. وكانت آخر مرة شُوهدت فيها هذه النيازك من جُزُر برمودا. ومنذ ذلك الحين، وأنا أبذل جهودًا للحصول على قَدْر أكبر من مشاهدات البحارة، عن طريق مجلة "نوتيكال" *Nautical*، المعنِيَّة بشؤون البحار، ونجحت في الحصول على بيانات تثبت أن النيازك شُوهدت على مسيرة 5,500 ميل من خط العرض 51° شمالًا، وخط الطول 107° غربًا، إلى خط العرض 5½ جنوبًا، وخط الطول 32½ غربًا.

من دورية *Nature*، عدد 27 إبريل 1916





الشكل 1 | حصار مضادات الاكتئاب لبروتين ناقل. أ. يتم نقل جزيء الناقل العصبي "سيروتونين" إلى داخل الخلايا العصبية عن طريق البروتين الناقل للسيروتونين "SERT"، من خلال ارتباط عالي الألفة في موقع الربط المركزي. **ب.** كشف كولمان وزملاؤه[1] عن هياكل بروتين SERT أثناء ارتباطه باثنين من مضادات الاكتئاب: إما باروكسيتين، أو إسيتالوبرام (الموضح هنا إسيتالوبرام فقط). يرتبط العقاران في التجويف المركزي، منافسَين السيروتونين على موقع الربط هذا، ومعيقَيْن نقله. ويرتبط إسيتالوبرام في موقع آخر تفارغي، يُعتقَد أنه يطيل أمد الارتباط في الموقع المركزي، معزِّزًا فعالية العقار المعرقلة لعمل بروتين SERT.

استخدموا حاجزًا منمقًّا؛ بغرض التحديد الدقيق لعدد من ثمالات الحمض الأميني، التي يمكن تحويرها لزيادة استقرار بروتينات SERT المنقّاة، دون أن يؤثر ذلك بشكل كبير على خصائصها الوظيفية. وقد كشفت البلورات الناتجة أن بقايا الحمض الأميني الخاصة ببروتين SERT، التي يفوق عددها 600، تمرّ عبر غشاء الخلية اثنتي عشرة مرة؛ لتشكِّل هيكلًا متشابكًا ثلاثي الأبعاد، مصمَّمًا ليتوسط عملية النقل المقترن بالأيون؛ لنقل الناقل العصبي عبر الأغشية.

استخدم المؤلفون تقنية التصوير البلوري بالأشعة السينية؛ لتحديد هيكلين من هياكل بروتين SERT، وهو مرتبط في كل منهما بأحد مثبطات استرجاع السيروتونين الانتقائية (SSRI) - إما باروكسيتين (واسمه التجاري "باكسيل" Paxil)، أو إسيتالوبرام (واسمه التجاري "ليكسابرو" Lexapro؛ وهو مصاوغ مرآتي "S" لعقار سيتالوبرام). وكما كان متوقَّعًا من هيكل بروتين DAT الخاص بذبابة الفاكهة، وجدوا أن جزيئًا واحدًا من الباروكسيتين قد ارتبط بشكل وثيق بتجويف مركزي في بروتين SERT الموجود في عمق الغشاء البلازمي، الذي يُعتقد أنه يرتبط بالسيروتونين أيضًا؛ ومن ثم فهو يتنافس مع السيروتونين، ويعرقل عملية نقله. وبرغم ذلك.. ارتبط جزيئان من إسيتالوبرام ببروتين SERT: أحدهما ـ مثله مثل الباروكسيتين ـ في التجويف المركزي عالي الألفة، والآخر بشكل أكثر رخاوة في الدهليز الخارجي المواجه للخارج (الشكل 1).

وقد أُشير من قبل إلى وجود موقع ارتباط ثانٍ منذ أكثر من ثلاثين عامًا[8] (يُعرف باسم الموقع التفارغي)، وهو يبعد عن موقع الربط الأساسي لبروتين SERT. في عام 2012، أشارت تجارب النمذجة وإحداث الطفرات[9] إلى أن هذا الموقع كائنٌ في الدهليز الخارجي. ومؤخرًا، قام كولمان وزملاؤه بإثبات ذلك. وكانت الدراسات السابقة قد أشارت إلى أنه في حال توافر الإسيتالوبرام بتركيزات عالية بما يكفي، فإن ارتباطه في الموقع التفارغي يمكنه أن يؤخِّر بشكل ملحوظ انفصال العقار المرتبط بالموقع عالي الألفة - وهو ما يطيل من أمد فعالية إسيتالوبرام المعرقِلة لعمل بروتين SERT. وقد اقتُرِحَت ظاهرة "المغير التفارغي الإيجابي" تلك لشرح الفعالية الإكلينيكية العالية للإسيتالوبرام، مقارنةً بمثبطات استرجاع السيروتونين الانتقائية الأخرى[10]؛ إلا أن إثبات تلك الآلية عن طريق الدراسات المجراة على الحيوانات كان أمرًا صعبًا[11]. لذا.. فإن التوثيق الجزيئي الذي قام به كولمان وزملاؤه للموقع التفارغي كان أمرًا مهمًّا، إذ يمكن للهيكل الذي طرحوه أن يوفر فرصًا لم يسبق أن قُدِّرت أهميتها من قبل في التطوير الانتقائي للدواء.

وقد اتضح أن وجود المواقع التفارغية في بروتينات الغشاء أكثر شيوعًا مما كان متوقَّعًا. وقد تحمل تلك النتيجة أهمية عالية، إذا ما تم النظر مثلًا إلى المستقبِلات المقترنة ببروتين "جي" GPCRs، وهي بروتينات غشائية تربط السيروتونين، والدوبامين، والنورادرينالين، إلى جانب العديد من الجزيئات الأخرى المُرسلة للإشارات على الخلايا العصبية بعد المشبكية. وأشار الكشف عن هياكل ما يزيد على عشرين من هذه المستقبِلات إلى تحديد عدة مواقع ارتباط تفارغي محتمَلة، يُستعان بها لتطوير معدِّلات إيجابية أو سلبية للتأشير، وذلك لمكافحة المرض[12]؛ ومن ثم، يمكن الآن أن تتاح هذه الفرصة نفسها للناقلات، فإنّ تَصَوُّر الديناميكيات الجزيئية لوظيفة الناقل ـ مع عملية نمذجة جزيئية معتمدة على الهيكل لنمذجة عملية ارتباط العقار ـ توفِّر فرصًا غير مسبوقة لتطوير علاجات محسّنة لاضطرابات الجهاز العصبي المركزي. ■

مارك جي. كارون يعمل في أقسام علم الأحياء الخلوي والطب وعلم الأعصاب، المركز الطبي لجامعة ديوك، دورهام، كارولاينا الشمالية 27710، الولايات المتحدة الأمريكية. **أولريك جيثر** يعمل في قسم علم الأعصاب وعلوم الصيدلة، معهد بانوم، جامعة كوبنهاجن، 2200 كوبنهاجن، الدنمارك.
البريد الإلكتروني: marc.caron@duke.edu;
gether@sund.ku.dk

1. Coleman, J. A., Green, E. M. & Gouaux, E. *Nature* **532,** 334–339 (2016).
2. Kristensen, A. S. *et al. Pharmacol. Rev.* **63,** 585–640 (2011).
3. Torres, G. E., Gainetdinov, R. R. & Caron, M. G. *Nature Rev. Neurosci.* **4,** 13–25 (2003).
4. Ng, J., Papandreou, A., Heales, S. J. & Kurian, M. A. *Nature Rev. Neurol.* **11,** 567–584 (2015).
5. Yamashita, A., Singh, S. K., Kawate, T., Jin, Y. & Gouaux, E. *Nature* **437,** 215–223 (2005).
6. Penmatsa, A., Wang, K. H. & Gouaux, E. *Nature* **503,** 85–90 (2013).
7. Kang, H. J., Lee, C. & Drew, D. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* **45,** 636–644 (2013).
8. Plenge, P. & Mellerup, E. T. *Eur. J. Pharmacol.* **119,** 1–8 (1985).
9. Plenge, P. *et al. J. Biol. Chem.* **287,** 39316–39326 (2012).
10. Zhong, H., Haddjeri, N. & Sánchez, C. *Psychopharmacology* **219,** 1–13 (2012).
11. Jacobsen, J. P. *et al. Psychopharmacology* **231,** 4527–4540 (2014).
12. Conn, P. J., Lindsley, C. W., Meiler, J. & Niswender, C. M. *Nature Rev. Drug Discov.* **13,** 692–708 (2014).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 14 إبريل 2016
بعض من ملخصات الأبحاث المنشورة في عدد 14 إبريل من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

تطور

ديموجرافيا إنسان ما قبل التاريخ

إنّ لِأمريكا الجنوبيّة أهمية محورية في عصور ما قبل التاريخ البشري. ويرجع هذا إلى كونها آخِر قارة صالحة للسكنى استعمرها الإنسان، وموقعَ العديد من مراكز التدجين، وموقعَ أكبر انقراض للحيوانات العملاقة في العصر البليستوسيني، إلا أننا ما زلنا نجهل الكثير جدًّا عن حركة سكنى البشر خلال فترات الاستعمار، والتوسُّعات اللاحقة، والتدجين. وهنا، نعيد بناء الأنماط الزمانية والمكانية للنمو السكاني البشري في أمريكا الجنوبية باستخدام قاعدة بيانات مجمَّعة حديثًا لـ1,147 موقعًا أثريًّا، و5,464 تأريخًا معايرًا للكربون المشع، ترجع إلى ما بين 14 ألف عام، وألفي عام مضت. نلاحظ أن التاريخ الديموجرافي لسكان أمريكا الجنوبية قد مَرَّ بمرحلتين متميزتين، بدلاً من أن يكون توسعًا مطردًا منتظمًا، فقد انتشر البشر سريعًا أولًا في القارة كلها، إلا أن أحجامهم السكانية ظلّت منخفضة لثمانية آلاف عام، منها فترة أربعة آلاف عام من التأرجح صعودًا وهبوطًا، من دون صافي نموّ، ولم يكن إلحاق المحاصيل والحيوانات المدجّنة بالصيد ذا أثر كبير على القدرة الاستيعابيّة للسكّان. ولم تبدأ المرحلة الديموجرافيّة الثانية إلا مع بداية التوسع الكبير للحَضَر منذ حوالي خمسة آلاف عام، مع وجود أدلّة على نموّ سكّانيّ مُطّرِد في المراكز الثقافيّة، كان مُمَيِّزًا للثورة الزراعيّة في العالم كلّه. وبالتالي، فإن التوسع الفريد في قدرة البشريّة على تعديل بيئتها ـ لزيادة القدرة الاستيعابيّة بشكلٍ ملحوظ في أمريكا الجنوبيّة ـ هو ظاهرة أحدث مما كان متوقّعًا.

Post-invasion demography of prehistoric humans in South America

A Goldberg *et al*

doi: 10.1038/nature17176

علم الأعصاب

دارة عصبيّة لإبصار الألوان

تنشط مستقبِلات الضوء المخروطية في الضوء الساطع، وينشأ إبصار الألوان من مقارنة إشارات المخاريط بأصباغ بصرية مختلفة. تبدأ هذه المقارنة في الشبكية، حيث تعطي الخلايا العُقَديَّة الشبكية استجابات بصرية "مقاومة للألوان -color opponent"، يستثيرها ضوءٌ بلونٍ ما، ويثبطها لون آخر. تنشط مستقبِلات الضوء العصوية في الضوء الخافت، إلا أنه يستحيل إبصار الألوان بها، لأنها كلها تستخدم الصبغ البصري نفسه. وبدلًا من ذلك.. يُعتقد أن إشارات العصي تنضم إلى الدوائر الشبكية عند نقاط مختلفة، متآزرة مع إشارات المخاريط. يسجل هنا اكتشاف دائرة جديدة لإبصار الألوان، تخالف هذه الاحتمالات. ووُجد أن نوعًا موسومًا جينيًّا من الخلايا العُقَديَّة الشبكية في الفئران، يُدعى جزيء الالتصاق الاتصالي B (JAMB) (J-RGC)، يعطي استجابات مقاوِمة للألوان: استجابة قَطْع (OFF) للأشعة فوق البنفسجية، واستجابة وصل (ON) للضوء الأخضر. ورغم أن شبكيات الفئران تحوي مخاريط حساسة للضوء الأخضر، إلا أن استجابة الوصل تنشأ في العصي، وتشارك كُلّ من العِصيّ والمخاريط في إعطاء الاستجابة على مدى عقود عديدة من شدة الضوء. واللافت للنظر أن إشارات العصي في هذه الدائرة مضادة لإشارات المخاريط. وربما تلعب قناة فوق البنفسجي-الأخضر هذه دورًا في التواصل الاجتماعي لدى القوارض، كما تُشير القياسات الطيفية من البيئة. كذلك توجد كل مُكَوِّنات هذه الدائرة في شبكيّة الإنسان، وقد تفسر وظيفتها خبرات معينة لرؤية الألوان في الأضواء الخافتة، مثل "الإزاحة الزرقاء" في مشاهد الشفق. إنّ اكتشاف هذا السبيل الموسوم جينيًّا يفتح الباب لدراسات جديدة مُوَجَّهَة لمعالجة الألوان في المخ.

A neuronal circuit for colour vision based on rod–cone opponency

M Joesch *et al*

doi: 10.1038/nature17158

فيزياء

الرصد المباشر لتَشوُّش القصّ

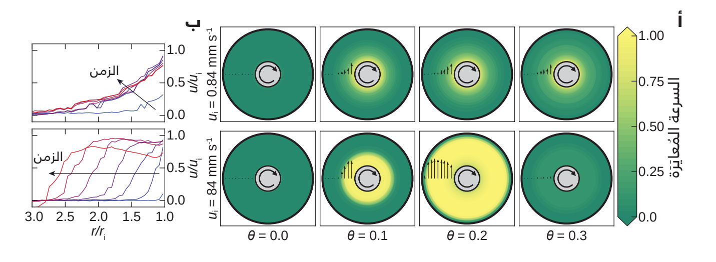
يمكن لأشباه السوائل في حالة السكون والتعليق الكثيف للجسيمات الصلبة أن تخضع لتحولات ملفتة للنظر من حيث السلوك، وذلك عند إثارتها أو إجهادها بالقَصّ. وتشمل تلك الظواهر التصلب أثناء الاصطدام السريع، فضلًا عن التجميد القَصِّي القوي المميز بعدم الاتصال، وتزداد لُزُوجة المعلق بعدة أضعاف. وقد تم مؤخرًا تفسير الكثير من هذا السلوك غير النيوتوني الشديد بإطار الانتقال التشويشي. ومع ذلك.. فعلى الرغم من أن التشويش يستحث في الواقع صلادة تشبه الصلب بدون طَوْر تخين قَصّ، فإنه يستمر في التدفق، ولذلك.. لا يمكن تشويشه بشكل كامل. وإضافة إلى ذلك.. فعلى الرغم من أن التعليق غير قابل للانضغاط، يتطلب سيناريو بدء الصلادة بالتشوش المعياري ارتفاعًا في الكثافة الجسيمية. وأخيرًا، في حين يحدث تخين القَصّ بالطَّوْر المستقر، فإن التصلب المستحث تصادميًّا يكون عابرًا. وكنتيجة لذلك.. ما زالت كيفية ربط ظواهر التعلق الكثيف وكيفية ربطها بالتشوش غامضة. ونقوم هنا بحلّ ذلك باستكشاف الطَّوْر المستقر، والأنظمة العابرة في المنظومة التجريبية نفسها، وذلك بطريقة منهجية. ونقوم بالبرهنة على أن طورًا شبه صلب مشوَّش بالكامل يمكن الوصول إليه دون ضغط، ولكن بواسطة إجهاد قَصّ بشكل كامل، كما اقتُرح مؤخرًا للأنظمة الحبيبية الجافة. وتم تخليق هذا الطَّوْر بواسطة جبهات تشوُّش قَصّ عابر، نقوم بتتبُّعها بشكل مباشر. ونبيِّن أيضًا أن إجهاد القَصّ ـ عوضًا عن معدَّل القَصّ ـ هو عامل السيطرة الأساسي. ومن خلال تلك الاكتشافات، نقوم برسم خريطة مخطط طَوْرِيّ للكثافة الجسيمية وإجهاد القَصّ كمتغيرات. ونقوم بتحديد تخين القصّ غير المتصل مع منظومة مشوَّشة هامشيًّا بالضبط أسفل مستهل التشوش شبه الصلب الكامل. يوفِّر هذا المخطط الطَّوْرِيّ إطارًا موحدًا متوافقًا مع نتائج المحاكاة والنتائج التجريبية السابقة على التعليق الكثيف، الذي يربط الطور المستقر والسلوك العابر بمصطلحات عملية تشوش قصّ ديناميكي.

Direct observation of dynamic shear jamming in dense suspensions

I Peters *et al*

doi: 10.1038/nature17167

الشكل أسفله | الانتقال من الاستجابة اللزجة إلى انتشار الجبهة الحثيث. أ، تَطَوَّر المنظور الجانبي للسرعة القُطْرِيَّة (موضحة بواسطة الأسهم واللون)، التي تم تحديدها من خلال صورة جسيم، ملتقَطة بواسطة مقياس سرعة، لسرعتَي توجيه مختلفتين: الصف السفلي أسرع بمئة مرة من الصف العلوي، والسرعة تزداد من اليسار إلى اليمين. وتم عرض البيانات لسرعتَي التوجيه للكمية نفسها من الانفعال القَصِّي، الذي تم تحديده



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بواسطة زاوية الدوران θ. تمت معايرة كل السرعات بواسطة سرعة التوجيه ui عند الطرف الخارجي للأسطوانة الداخلية. وفي حين أن نتائج التوجه البطيئة بمنظور السرعة الجانبي، التي تتغير بشكل تدريجي، حتى تصل إلى طَوْر مستقر لشبه المائع، يُظْهِر التوجه السريع تَشَكُّل جبهة ضغط متنقلة. وفي نهاية المطاف، طور ضغط قصي لشبه الصلب (الصف السفلي، أقصى اليمين). **ب**، السرعة مقابل المسافة القُطْرِيَّة المقابلة للسرعتين التوجيهيتين نفسهما كما بـ (**أ**). تمت معايرة المسافة القُطْرِيَّة r بواسطة r_i الخاصة بالأسطوانة الداخلية. تمثل المنحنيات المختلفة لحظات مختلفة من الزمن، مع زيادة الزمن من الأزرق إلى الأحمر. والمنظور الجانبي الانتشاري مستقر الطور (أعلى) والجبهة المتنقلة (أسفل) واضحان بشكل جَلِيّ.

فلك

خريطة لتدرج درجة حرارة كوكب عملاق

وَفَّرَ ترصُّد الكواكب الخارجية العملاقة ـ ككوكب زحل ـ عبر العقد الماضي إحصاءات رئيسة لأغلفتها الجوية، ولكن تظل خواص الكواكب الخارجية الأقل كتلة ـ ككوكب نبتون ـ مفتوحة إلى حد كبير، نتيجة لتحديات رصد الكواكب الصغيرة. وكشفت جهود كثيرة لرصد أطياف الكواكب الخارجية الأرضية الفائقة ذات الكتل التي تتراوح بين كتلة إلى عشر كتل أرضية حتى الآن عن أطياف عديمة السمات. يتم استعراض خريطة سطوع حراري طولية للأرض الفائقة كانسري 55 العابرة بالجوار، التي تكشف عن انبعاث حراري نهاري الجانب غير تناظري، وتباين درجة حرارة نهارية ليلية قوي. وكشف الرصد الفضائي المكرس للكوكب بمنطقة الأشعة تحت الحمراء عن تعديل للفيض الحراري، حيث يدور كانسري 55 حول نجمه. ويكشف المنحنى الطوري المداري عن بقعة ساخنة متموضعة عند 12±41 درجة شرق النقطة النجمية الثانوية (النقطة التي يكون عندها الضوء المصطدم من النجم عمودي على سطح الكوكب). كما قام الباحثون ببناء درجة حرارة سطوع الجانب النهاري للكوكب من المنحنى الطوري المداري، الذي بلغ حوالي 1,300 كلفن أكثر سخونة (270±2700 كلفن)، وهو ما يشير إلى إعادة توزيع حراري غير كافية من الجانب النهاري إلى الجانب الليلي. ويتسق الترصُّد إمّا مع غلاف جوي سميك بصريًّا مع إعادة تدوير حرارية تقتصر على الجانب الكوكبي النهاري، أو كوكب خال من الغلاف الجوي مع تدفق منخفض اللزوجة للصهارة عند السطح. وفي الحالتين، يجب وجود مصدر إضافي غير معروف حاليًّا للحرارة؛ لتفسير انبعاث الأشعة تحت الحمراء المرصود.

A map of the large day–night temperature gradient of a super-Earth exoplanet

B Demory *et al*

doi: 10.1038/nature17169

ذكاء اصطناعي

استكشاف حد السرعة الكَمِّيَّة

يقوم البشر بحل مسائل التعقيد الكمبيوتري الهائل بواسطة استراتيجيات التشكيل الحدسي البسيط الموجَّهة منخفضة الأبعاد. ويُعَدّ العلم الذي يضطلع به الهواة من المواطنين طريقة لاستغلال تلك القدرة في تقديم مسائل البحث العلمي لغير الخبراء. و"تطبيق عناصر نموذجية لِلَعِب لعبة" هو وسيلة فعالة، تمكِّن العلماء الهواة من توفير حلول لمسائل البحث. استخدم عِلم الهواة ألعاب Foldit، وEteRNA4، وEyeWire بنجاح؛ لدراسة الطَّيّ البروتيني، وطَيّ الحمض النووي الريبي، ورسم خرائط الخلية العصبية، ولكن حتى الآن لم يتم "تطبيق عناصر نموذجية لِلَعِب لعبة" على مسائل الفيزياء الكمية. ويتم استعراض ألعاب كمية، وهي منصة موصولة بالإنترنت، تحوِّل مسائل الفيزياء الكمية إلى ألعاب في أفضل شكل. وقد تبين أن اللاعبين البشريين قادرون على إيجاد حلول لمسائل عسيرة مصاحِبة لمهام الحوسبة الكمية. ونجح اللاعبون حين فشل التحسين العددي وحده، وساعد تحليل حلولهم على فهم مسألة الاستغلال الأمثل لطبيعة أكثر عمقاً. وباستخدام استراتيجيات اللاعبين، تم تطوير طريقة تحسين موجَّهَة منخفضة العوامل، تتفوق بكفاءة على أبرز الطرق العددية المقررة. ويزداد التعقيد العددي المصاحِب للحلول المحسَّنة زمنيًّا لفترات العملية الأَقْصَر. كما تم إنتاج أداء منخفض الأبعاد للمسطح التحسيني، وذلك من أجل الوصول إلى فهم أفضل. يكشف هذا الأداء عن سبب فشل طرق التحسين التقليدية بالقرب من حد السرعة الكمية (وهي أقصر فترة عملية باعتماد أمثل). وقد تستفيد فئات أوسع لمسائل التحسين بالفيزياء الكمية، وما وراءها من تحليل لاستراتيجيات مسطحات التحسين، والحل المُوَجَّه.

Exploring the quantum speed limit with computer games

J Sørensen *et al*

doi: 10.1038/nature17620



غلاف عدد 21 إبريل 2016

بعض من ملخصات الأبحاث المنشورة فى عدد 21 إبريل من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

أحياء خلوية

بِنْيَة وآليّة عمل ناقل السيروتونين البشري

يقطع ناقل السيروتونين (SERT) التأشير سيروتونينيّ المفعول من خلال الاسترداد المُعْتَمِد على الصوديوم والكلورايد للناقل العصبيّ إلى الخلايا قبل المشبكيّة. يُعتبَر ناقل السيروتونين هدفًا للأدوية المضادة للاكتئاب والمحفِّزة للمعنويّات، التي تمنع الاسترداد، وتطيلُ تأشير الناقل العصبيّ. نسجّل هنا اكتشاف بِنَى بلوريّة بالأشعة السينيّة من ناقل السيروتونين البشريّ بدقّة 3.15 أنجستروم، مربوطة بمضادات الاكتئاب (إس)-سيتالوبرام (S)-citalopram، أو الباروكسيتين Paroxetine. توصد مضادات الاكتئاب ناقل السيروتونين في هيئة مفتوحة للخارج بإيداعه في موقع الربط المركزيّ الواقع بين الحلزونات عبر الغشائيّة 1، و3، و6، و8، و10، مانعةً مباشرةً ربط السيروتونين. كذلك نحدِّد مكان موقع مُتَفَارِغ في المركّب، يقع في طرف الدهليز خارج الخلويّ، يتخلل ما بين الحلقتين خارج الخلويّتين 4، و6، والحلزونات عبر الغشائيّة 1، و6، و10، و11. يعوق إشغال الموقع المتفارغ فراغيًّا فكَّ الرَّبيطة من الموقع المركزيّ، ما يفسِّر عمل (إس)-سيتالوبرام كربيطة متفارغة. وتحدد هذه البِنَى آليّة الوظيفة المضادة للاكتئاب في ناقل السيروتونين، وتقدِّم مخططات أوليّة للتصميم المستقبليّ للأدوية.

Structure and mechanism of the human serotonin transporter

J Coleman *et al*

doi: 10.1038/nature17629

تطور

وصف إنسان *H. floresienses*

أثار إنسان *Homo floresiensis* اهتمامًا واسعًا، وجدلًا علميًّا. وهو نوعٌ بدائيّ من أشباه البشر، اكْتُشِفَ في رواسب من أواخر عصر البلايستوسين في ليانج بوا (فلوريس، إندونيسيا). ومِن أهم أسباب الجدل الدائر حول هذا الكائن أن الرواسب احتوت بقايا *H. floresiensis*، واحتوت معه على أدوات حجريّة وبقايا حيوانات متوطّنة، يرجع تاريخها إلى ما بين 95 و12 ألف سنة شمسيّة. وتشير هذه التواريخ إلى أن هذا الإنسان ظلّ حيًّا، حتى بعد وصول الإنسان الحديث إلى أستراليا بحوالي 50,000 سنة. ونسجِّل هنا اكتشاف أدلّة من تصنيف طبقات الأرض، وأخرى تأريخيّة جديدة في ليانج بوا، تدحض تواريخ الطراز النموذجيّ لإنسان *H. floresiensis* (LB1) التي سبق الاستدلال عليها، والتي هي 18 ألف سنة قبل الوقت الحاضر بقياس الكربون المشعّ المعاير، وتدحض تاريخ الظهور الأخير لهذا النوع قبل حوالي 17، أو 13، أو 11 ألف سنة بقياس الكربون المشعّ المعاير. وبدلًا من هذا.. فإن بقايا الهيكل العظميّ لإنسان فلوريس والرواسب الحاوية لها يرجع تاريخها إلى ما بين 100 و60 ألف سنة مضت، بينما يتراوح تاريخ بعض الأدوات الحجريّة المنسوبة إلى هذا النوع بين 190 ألف، و50 ألف سنة مضت. وما يزال الجدل دائرًا حول ما إذا كان إنسان *H. floresiensis* ظلّ حيًّا بعد 50 ألف سنة، أم انقرض؛ ما يطرح احتمال لقائه بالإنسان الحديث في منطقة فلوريس، أو بأشباه البشر

الآخرين المنتشرين في جنوب شرق آسيا، مثل إنسان الدنيسوفا Denisovans.

Revised stratigraphy and chronology for *Homo floresiensis* at Liang Bua in Indonesia
T Sutikna *et al*
doi: 10.1038/nature17179

علم المناخ

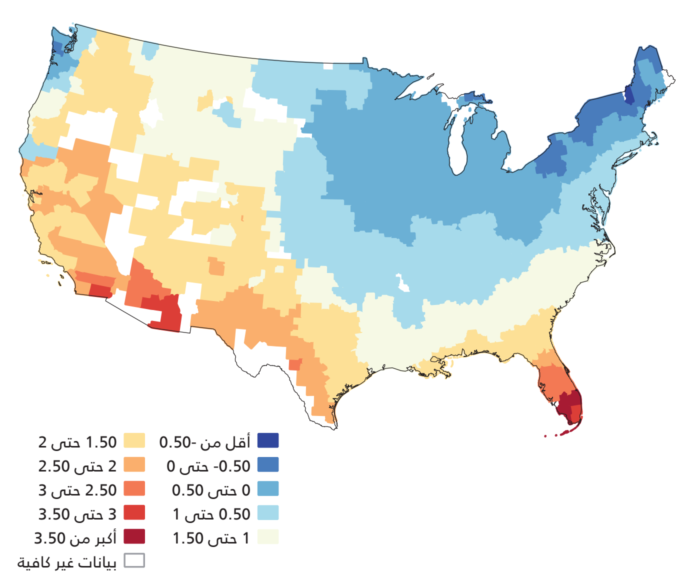
تحسُّن طقس أمريكا، وتدهوُر متوقَّع له

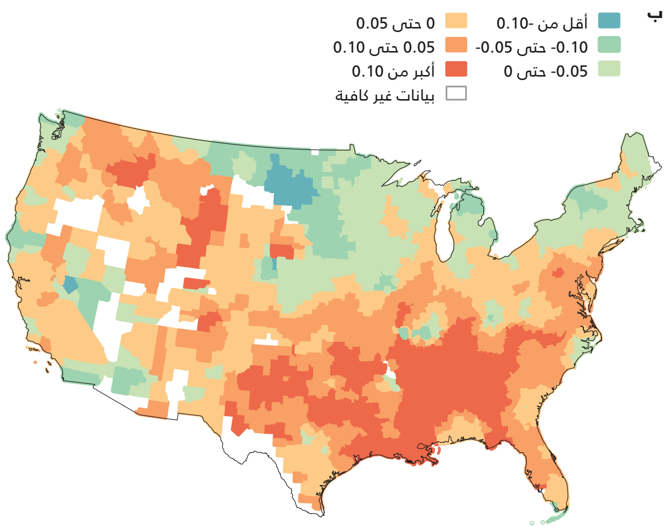
بينما تَظْهَر للعيَان التغيّرات المناخيّة، تتغيّر نُظُم الطقس في الولايات المتحدة من حيث الأنماط التي تتباين فيما بين المناطق والفصول. وعادةً ما تُقدِّرُ بحوث علم المناخ هذه التغيّرات بدراسة مؤشرات الطقس ـ كالحرارة، وهَطْل المطر ـ منفردةً على حِدة، وتحديد متوسّطات قِيَم هذه المؤشرات في كل المساحة المكانيّة. ونتيجةً لذلك.. لا يُعْرَفُ الكثير عن تعرّض السكّان لتغيّرات الطقس ومعايشة الناس لهذه التغيّرات، وتقييمهم لها مجتمعة معًا. نذكر هنا أن أحوال الطقس التي عايشتها الغالبيّة العظمى من سكّان الولايات المتحدة قد تحسّنت منذ عام 1974، حتى عام 2013. ومن خلال استخدامنا لسابق الأبحاث عن تأثير الطقس على النموّ السكّانيّ المحليّ لتكوين مؤشّر لتفضيلات الطقس لدى عامّة الناس، وجدنا أن 80% من الأمريكيين يقطنون في مقاطعات تمرّ بأحوال طقس ألطف مما كانت عليه قبل أربعة عقود. وحاليًّا يعيش كلّ الأمريكيين تقريبًا فصول شتاء أكثر اعتدالًا مما يُفَضِّلون عادةً، ولم تُقابِل فصول الشتاء المعتدلة هذه فصولَ صيفٍ مزعجةً، أو أيّ تغيّرات أخرى سلبيّة، بَيْدَ أن نماذج التغيّرات المناخيّة تتوقّع أن هذا الوضع مؤقّت، حيث سوف تصير فصول الصيف في الولايات المتحدة ـ في نهاية المطاف ـ أدفأ من فصول الشتاء. ومع توقُّع استمرار انبعاثات غاز الدفيئة دون انقطاع (مسار التركيز المُمَثِّل 8.5 Representative Concentration Pathway)، فإننا نُقَدِّر أن 88% من عامّة الأمريكيين سوف يمرُّون في نهاية القرن بطقسٍ أقلّ تفضيلًا لديهم من الطقس في الماضي القريب. ولهذه النتائج آثارها على فَهْم العامّة لمشكلة التغيرات المناخيّة، الفَهْم الذي تشكِّله جزئيًّا خبراتهم مع الطقس المحليّ.

ورغم أن أنماط الطقس في العقود الأخيرة لم تكن حافزًا كافيًا للأمريكيين للمطالبة باستجابةٍ سياسيّة للتغيّرات المناخيّة، إلا أن الاهتمام العامّ قد يتزايد بمجرّد أن تصير خبرات الناس اليوميّة مع آثار التغيرات المناخيّة أقلّ لطفًا.

Recent improvement and projected worsening of weather in the United States
P Egan *et al*
doi: 10.1038/nature17441

الشكل أسفله | حاصل مؤشر تفضيلات الطقس WPI حسب المقاطعة، 1974 – 2013. تتجت **أ**، ـ متوسط حاصل مؤشر تفضيلات الطقس ـ باستخدام حسابات من المعادلة (1) بقيم متوسطة لمؤشرات الطقس لأربعين عامًا. وتتجت **ب**، ـ التغير المكافئ في مؤشر تفضيلات الطقس لمعدل النموّ السكانيّ لكلّ عقْد ـ من تراجع كلّ مقاطعة على حدة في مؤشر تفضيلات الطقس السنويّ على العام، كما تبيَّن في الجدول 1.





فلك

ثقب أسود.. كتلته 17 مليار كتلة شمسية

يُعتقد أن تراكم المادة على ثقوب سوداء هائلة مصاحبة يدعم الكوازارات؛ كما يشير الكشف عن كوازارات مرتفعة السطوع ذات الحيود الأحمر الأعلى من z = 6 إلى أن الثقوب السوداء التي تصل إلى 10 مليارات كتلة شمسية موجودة بالفعل منذ 13 مليار عام. وتم العثور على اثنتين من السلالات "الساكنة" المحتملة الحالية لتلك التجمعات الخاصة بالثقوب السوداء "النشطة" بالمجرّتين NGC 3842، و NGC 4889 عند مراكز حشود مجرّة ليو وكوما، التي تشكل معًا المنطقة المركزية للجدار العظيم، وهو البِنْيَة المحلية الأكبر للمجرّات. ومع ذلك.. فإن الكوازارات الأكثر سطوعًا ليست حكرًا على مثل تلك المناطق مرتفعة الكثافة للكون المبكر؛ حيث لم يتم اكتشاف الثقوب السوداء الساكنة التي لها مثل تلك الكتلة المرتفعة خارج الحشود الحديثة حتى الآن. ويتم استعراض ترصد لتوزيع السرعة النجمية بالمجرّة NGC 1600، وهي مجرة إهليلجية معزولة بالقرب من مركز مجموعة مجرية على مسافة 64 ميجا فرسخ نجمي من الأرض. وقام الباحثون باستخدام نماذج تراكم مداري؛ لتحديد أن الثقب الأسود عند مركز NGC 1600 يمتلك كتلة تبلغ 17 مليار كتلة شمسية. وقد اتضح أن التوزيع المكاني للنجوم بالقرب من مركز NGC 1600 واسع الانتشار إلى حد ما. كما اكتشف أن منطقة الكثافة النجمية المستنفدة بأنوية المجرّات الإهليلجية الضخمة تمتد على نصف القطر نفسه الخاص بالكرة التجاذبية لتأثير الثقوب السوداء المركزية، وتم تفسير ذلك باعتباره بصمة ديناميكية للثقوب السوداء.

A 17-billion-solar-mass black hole in a group galaxy with a diffuse core
J Thomas *et al*
doi: 10.1038/nature17197

أحياء جزيئية

ضبط الوقت الخلوي وتوَازُن الطاقة

تمثل الساعات البيولوجية عاملًا مهمًّا في بيولوجيا أغلب الكائنات حقيقيّة النواة، حيث تنسّق السلوك ووظائف الأعضاء؛ لتتناغم مع الدورة البيئيّة لليل والنهار، من خلال شبكات معقّدة من الجينات المنضبطة بالساعة، بَيْدَ أنه توجد فجوة معرفيّة كبيرة بين التعبير الجينيّ، والآليات الكيماوية الحيويّة التي تنظم عمل الساعة البيولوجية. وقد تم تسجيل اكتشاف إيقاعات يوميّة للساعة البيولوجية في التركيز داخل الخلويّ لأيونات المغنسيوم $[Mg^{2+}]_i$، التي تقوم بدور تحديد الخصائص الأساسيّة للساعة في كلٍّ من الخطّ الخلويّ للإنسان، ولطحلبٍ وحيد الخليّة، تباعَدا عن بعضهما البعض قبل أكثر من مليار سنةٍ مضت. وبالنظر إلى الدور الجوهريّ

لأيونات المغنيسوم كعاملٍ مساعدٍ لأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP، فإن الناتج الوظيفيّ لتذبذبات أيونات المغنيسوم هو التنظيم الديناميكيّ لإنفاق الطاقة الخليّة على مدار الدورة اليوميّة. ومن ناحية الآليّة، نَجِد أن هذه الإيقاعات توفّر رد فعل ثنائيّ الجانب، يربط الأيض الإيقاعيّ بالتعبير الجينيّ المنضبط بالساعة. وبإمكان التنظيم الشامل لتقلّب ثلاثي فوسفات النيوكليوتيد ـ عن طريق توافر المغنيسوم داخل الخلويّ ـ التأثير على عديد من إنزيمات الخليّة التي تتجاوز الستماتة المعتمدة على أدينوسين ثلاثي الفوسفات-المغنيسوم MgATP، وعلى كلّ الأنظمة الخلويّة التي يصير فيها التحلل المائيّ لنيوكليوسيد ثلاثيّ الفوسفات-المغنيسوم MgNTP مقيَّدًا للمُعدَّل. والحقيقة أننا وجدنا أن تحكّم الساعة البيولوجية في عملية الترجمة بواسطة mTOR8 يُنَظَّم من خلال تذبذبات أيونات المغنيسوم. لقد أصبح ضروريًّا تحديد أيّ العمليّات البيولوجيّة الإضافيّة يخضع لهذه الصورة من التنظيم في خلايا الكائنات الحيّة عديدة الخلايا، مثل النباتات، والبشر، في سياق الصحّة والمرض.

Daily magnesium fluxes regulate cellular timekeeping and energy balance

K Feeney *et al*

doi: 10.1038/nature17407



غلاف عدد 28 إبريل 2016

بعض من ملخصات الأبحاث المنشورة في عدد 28 إبريل من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم المناعة

اكتساب صفات مناعية بتطبيع البيئة

شَكَّلت فئرانُ المَعامِل ـ بشكل كبير ـ معرفتنا الحالية بالمناعة بشكل جزئي، لأنها داخلية الاستيلاد، ومتجانسة جينيًّا، ويمكن معالجتها جينيًّا، وتتيح إجراء التحليلات الحركيّة للأنسجة منذ بداية المرض، كما تسمح باستخدام نماذج طَيِّعَة من الأمراض. وعلى الرغم من أن التجارب الاختزالية نسبيًّا غير ممكنة تقنيًّا أو أخلاقيًّا في البشر، إلا أن هناك مخاوف متزايدة مِن ألّا تَعكِس فئرانُ المَعامِل جوانبَ مماثلة للجهاز المناعي في البشر؛ ما قد يتسبب في فشل الخروج بعلاجات للأمراض مِن المَعامِل إلى أسِرَّة العلاج. تعيش فئران المَعامِل في منشآت نظيفة حاجزة خالية من المُمْرِضات النوعية (SPF). وتوضح هذه الورقة البحثية أن لمزارع فئران التجارب آثارًا عميقة على الجهاز المناعي، وأن التغيرات البيئية تنتج فئة من الفئران تملك جهازًا مناعيًّا أقرب إلى الجهاز المناعي للإنسان البالغ. وتفتقر فئران المعامل ـ مثلها مثل الإنسان حديث الولادة، لا البالغ ـ إلى الخلايا المتمايزة، وخلايا الذاكرة التائية المنتشرة في الأغشية المخاطية. وقد كانت هذه المجموعات من الخلايا موجودة في تجمُّعات فئران الحقول البرية، وفي فئران المتاجر الأليفة، في بيئات ميكروبية مختلفة. وقد دَخَلت هذه الخلايا إلى فئران المعامل، بعد تسكينها مع فئران المتاجر الأليفة، مما يشير إلى أن البيئة شاركت في ظهور هذه الخلايا. وقد أثَّر تعديل ظروف معيشة الفئران بشدة في التركيب الخلوي للأجهزة المناعية المتأصلة والتكيُّفية، وهو ما نتجت عنه تغيرات عالمية في التعبير الجيني لخلايا الدم إلى أنماط أقرب شبهًا بالبصمات المناعية للإنسان البالغ، لا حديث الولادة، وتملِك مقاوَمة معدَّلة للعدوى، وتؤثر على تمايز الخلايا التائية عند استجابتها لعدوى فيروسية جديدة. وتسلِّط هذه البيانات الضوء على آثار البيئة على الحالة المناعية القاعدية والاستجابة للعدوى، وتشير إلى أن استرجاع التعرض الفسيولوجي للميكروبات في فئران المعامل قد يقدِّم أداةً مفيدة في نمذجة الحوادث المناعية في الكائنات الحية الطليقة، ومن ضمنها الإنسان.

Normalizing the environment recapitulates adult human immune traits in laboratory mice

L Beura *et al*

doi: 10.1038/nature17655

علم الأعصاب

خرائط لدِلالات الألفاظ بقشرة المخ

يتمثّل معنى اللغة في مناطق من القشرة المخيّة، تُعْرَف عمومًا باسم "النظام الدلالي"، إلا أنه لم تُرْسَم بعد أي خرائط شاملة لهذا النظام، كما لا تُعْرَف الانتقائيّة الدلالية لأغلب مناطق القشرة. ويرسم الباحثون في هذه الورقة خريطة للانتقائيّة الدلالية في القشرة المخية باستخدام النمذجة بـ"الفوكسل" لبيانات التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي "fMRI"، التي جُمِعَتْ أثناء استماع الأفراد موضوع التجربة إلى ساعات من القصص المروية. وقد تَبَيَّن أن النظام الدلالي ينتظم في أنماط معقدة، تبدو متطابقة في جميع الأفراد. وبعد ذلك.. استخدم الباحثون نموذجًا مُوَلِّدًا جديدًا؛ لرسم أطلس دلالي مفصل. وتشير النتائج إلى أن أغلب المناطق الواقعة داخل النظام الدلالي تمثل معلومات عن نطاقات دلالية محددة، أو عن مجموعات من المفاهيم المرتبطة. ويُظهِر الأطلس النطاقات الممثَّلَة في كل منطقة. وتكشف هذه الدراسة أن الوسائل المُدَارَة بالبيانات ـ المألوفة في دراسات تشريح الجهاز العصبي، والاتصال الوظيفي في الإنسان ـ تقدِّم وسيلة قوية وفعالة لرسم خرائط للتمثيل الوظيفي في المخ.

Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex

A Huth *et al*

doi: 10.1038/nature17637

الفيزياء الكمية

تنافُس التفاعلات في شبكية بصرية

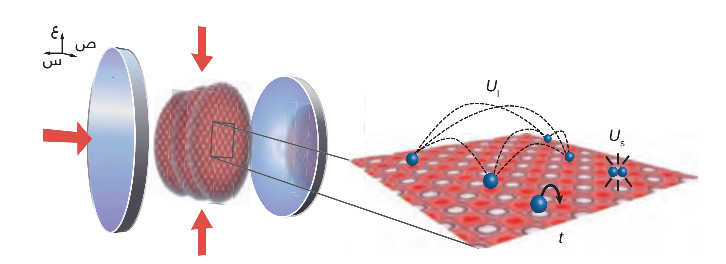
يمكن اكتساب نظرة ثاقبة للظواهر المعقدة بالمادة الكمية من محاكاة التجارب مع الذَّرّات فائقة البرودة، وعلى وجه الخصوص في الحالات التي يشكِّل فيها التمييز النظري تحديًا. وعلى الرغم من أن تلك التجارب يمكن إجراؤها فقط في حالة التفاعلات الارتطامية قصيرة المدى؛ فإن التأثيرات الاضطرابية المرصودة والخاصة بالتفاعلات طويلة المدى تكون ضعيفة للغاية؛ للوصول إلى أطوار كمية جديدة. وقد توصَّل الباحثون ـ من خلال التجارب ـ إلى نموذج شبكة بوزونية، لها تفاعلات تنافسية قصيرة وطويلة المدى، كما رصدوا ظهور أربعة أطوار كمية منفصلة، وهي مائع فائق، وصلب فائق، وعازل "مُوت" Mott، وموجة كثافة شحنية. وتقوم المنظومة على غاز كَمِّي ذَرِّي محبوس بداخل شبكية بصرية بداخل فجوة بصرية عالية الدقة، وتتم السيطرة على قوة التفاعلات قصيرة المدى في الموقع بواسطة عمق الشبكة البصرية. ويتم اعتراض جهد التفاعل طويل ـ لا نهائي ـ المدى بواسطة نسق فراغي للفجوة، كما تتم السيطرة عليه بطريقة مستقلة بواسطة ضبط رنين الفجوة. وعند سَبْر التحول الطَّوْري بين عازل "مُوت"، وموجة الكثافة الشحنية بالزمن الفعلي، لُوحِظ وجود سلوك مميز للتحول الطوري من الرتبة الأولى. وقد أتاحت قياسات الباحثين نظام محاكاة كمية للأنظمة متعددة الأجسام، حيث يتم التحديد الفيزيائي بواسطة التنافس المعقّد بين نوعين مختلفين من التفاعلات، وحركة النقطة الصفرية الخاصة بالجسيمات.

Quantum phases from competing short- and long-range interactions in an optical lattice

R Landig *et al*

doi: 10.1038/nature17409

الشكل أسفله | رسم توضيحي للمخطط التجريبي الذي يحقق نموذج شبكة تفاعلات بالموقع، وتفاعلات غير متناهية المدى. على اليسار، حزمة من الأنظمة ثنائية الأبعاد على طول المحور (ص)، تم تحميلها إلى شبكية بصرية



ثنائية الأبعاد (الأسهم الحمراء) بين مرآتين (معروضتين بالرمادي). تستحث الفجوة التفاعلات الذرية-الذرية على المدى اللامتناهي. على اليمين، رسم توضيحي لمقاييس الطاقة التنافسية: النفق t، التفاعلات بالموقع U_s والتفاعلات طويلة المدى U_l.

علم البيئة

تفاعل النيتروجين في الحدود البحرية

تُعتبَر أكسيدات النيتروجين أساسيّة في تكوين الهباء الجوي الثانوي، وتكوين المؤكسدات الجويّة ـ مثل الأوزون، وجِذر الهيدروكسيل ـ التي تتحكم في سعة التنظيف الذاتي للغلاف الجوي. وبشكل تقليديّ، اعتُبر حمض النيتريك خزانًا مستديمًا لأكسيدات النيتروجين؛ لكونه ناتج أكسدة أساسي لأكسيدات النيتروجين، إلا أن الدراسات النموذجية تتوقّع وجود نِسَب من حمض النيتريك إلى أكسيدات النيتروجين في التروبوسفير أعلى مما هو ملاحَظ. وقد طُرِح احتمال حدوث عملية "إعادة أكسدة للنيتروجين" renoxification؛ تعيد تدوير حمض النيتريك إلى أكسيدات النيتروجين؛ للتوفيق بين الملاحظات والدراسات النموذجية، إلا أن الآليات المسؤولة عن هذه العملية ما تزال غير معروفة. ويقدِّم الباحثون في هذه الورقة بيانات ـ جَمَعَتْها حملة قياس بطائرة حَلَّقَت فوق شمال المحيط الأطلنطي ـ تستعرض مجموعة من الأدلة على حدوث إعادة التدوير السريعة لحمض النيتريك إلى حمض النيتروز وأكسيدات النيتروجين في طبقة الحدود البحرية النظيفة، عن طريق التحلل الضوئي للنيترات الجُسَيْميَّة. وتكشِف أيضًا الاختبارات المعملية عن التحلل الضوئي للنيترات الجُسَيْميَّة المجموعة على مرشحات بمعدل أكثر من قيمتين أُسِّيَّتين أعلى من التحلل الضوئي لحمض النيتريك الغازي، حيث حمض النيتروز هو الناتج الرئيس. وتشير حسابات نموذج المربعات المبنية على الآلية الكيميائية الرئيسة أن التحلل الضوئي للنيترات الجُسَيْميَّة يحفظ أساسًا المستويات الملاحَظةَ لحمض النيتروز وأكسيدات النيتروجين في وقت الزوال تحت الظروف العادية لطبقة الحدود البحرية. وبالنظر إلى أن المحيطات تشغل أكثر من 70 في المئة من مساحة الأرض، فنحن نشير إلى أن التحلل الضوئي للنيترات الجُسَيْميَّة قد يكون مصدرًا أساسيًّا لأكسيد النيتروجين في التروبوسفير. وإعادة تدوير أكسيدات النيتروجين في المناطق النائية من المحيطات مع أدنى قدر من الانبعاثات المباشرة لأكسيد النيتروجين قد تزيد تكوين المؤكسدات في التروبوسفير، وتكوين الهباء الجوي الثانوي على مستوى العالم.

Rapid cycling of reactive nitrogen in the marine boundary layer

C Ye *et al*

doi: 10.1038/nature17195

علوم بحار

العوالق البحريّة تقود تصدير الكربون

مضخة الكربون البيولوجية هي العملية التي يتحوَّل بها ثاني أكسيد الكربون إلى كربون عضوي عن طريق البناء الضوئي، ثم يُصَدَّر من خلال الجسيمات الغارقة، ويتراكم أخيرًا في أعماق المحيط. وبينما ترتبط شدة المضخة بتركيب مجتمع العوالق البحرية، تبقى بِنْيَةُ النظام البيئي التي تقود هذه العملية مجهولةً. وهنا نستخدم بيانات بيئية ووراء جينومية، جُمِعَت خلال حملة "تارا" Tara الاستكشافية في المحيطات؛ لزيادة معرفتنا بتصدير الكربون في المحيطات الفقيرة. نوهنا نتبيَّن أن مجتمعات معينة من العوالق من أقاصي الكلوروفيل في السطح والأعماق لها صلةٌ بتصدير الكربون على عمق 150 مترًا، وتكشف عن أصناف غير متوقَّعَة، مثل الشعاعيات Radiolaria، والطفيليات ذوات التجاويف alveolate، إضافةً إلى بكتيريا *Synechococcus* وعاثياتها، وهي السلالات الأقوى صلةً بتصدير الكربون في المحيطات شبه الاستوائيّة الفقيرة، الناضبة من المواد الغذائيّة. وإضافة إلى ذلك.. نكشف عن أن الوفرة النسبية للقليل من الجينات البكتيرية والفيروسية قد تشير إلى وجود جانب كبير من التباين في تصدير الكربون في هذه المناطق.

Plankton networks driving carbon export in the oligotrophic ocean

L Guidi *et al*

doi: 10.1038/nature16942



غلاف عدد 5 مايو 2016

بعض من ملخصات الأبحاث المنشورة فى عدد 5 مايو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم المواد

استغلال فشل تجارب التعلم الآلي

منذ عقود عديدة تخضع المواد الهجينة، التي تجمع بين مواد عضوية وأخرى غير عضوية ـ مثل أكسيدات المعدن المقولبة عضويًّا، والأطر العضوية المعدنية "MOFs"، والبيروفسكايت الهاليدي العضوي ـ للدراسة والبحث. وقد أُنْتِجَت عبر السنوات آلاف من المواد الجديدة، التي تحتوي تقريبًا على كل المعادن الموجودة بالجدول الدوري. ومع ذلك.. فإن تكوين تلك المركّبات غير مفهوم بالكامل، كما يعتمد إنتاج وتطوير المزيد من المركّبات الجديدة بشكل أساسي على التجارب الاستكشافية. وتوفِّر تقنيات المحاكاة والمقاربات البيانية ـ التي يتم الترويج لها من خلال جهود معينة، كمبادرة جينوم المواد ـ نهجًا بديلًا للطريقة التي تعتمد على المحاولة والخطأ. وتعتمد الطريقة الجديدة في الحصول على المواد على ثلاث استراتيجيات رئيسة، هي: المحاكاة القائمة على التنبؤ بالخواص الفيزيائية (حركة الشحنة، والخواص الفولتية الضوئية، والسعة الامتزازية للغاز، أو إقحام الليثيوم والأيون على سبيل المثال)؛ لتحديد المرشحين كأهداف واعدة للجهود التوليفية؛ وتحديد علاقة البِنْيَة الخصائصية من الأجسام الكبيرة للبيانات التجريبية، من خلال التكامل مع المواد ذات الإنتاجية المرتفعة، وأدوات القياس؛ والتجميع بناءً على الهياكل البلورية المتشابهة (تصنيف بِنْيَة الزيوليت، أو خواص الامتزاز الغازي، على سبيل المثال). ويستخدم النهج البديل الذي يستعرضه الباحثون في هذه الورقة خوارزميات تعلُّم آلي متمرسة على البيانات التفاعلية؛ للتنبؤ بمخرجات التفاعل لتَبَلُّر قالب سيلينيت الفاناديوم. ولإثبات صحة المبدأ، استخدم الباحثون معلومات عن التفاعلات "المعتمة" ـ التوليفات الحرارية المائية الفاشلة ـ التي تم تجميعها من الملاحظات المختبرية الأرشيفية من مختبرهم، وقاموا بإضافة توصيفات خواص فيزيائية كيميائية للدفتر الأساسي الخاص بالمعلومات، باستخدام تقنيات المعلومات الكيميائية، ثم قاموا باستخدام البيانات الناتجة؛ لتدريب نموذج التعلم الآلي للتنبؤ بنجاح التفاعل. وبإجراء تجارب توليف حراري مائي باستخدام لَبِنَات بناء عضوية تجارية متاحة وغير مختبَرة من قبل، تفوَّق نموذج الباحثين للتعليم الآلي على الاستراتيجيات البشرية التقليدية، وقام بالتنبؤ بشكل ناجح بالظروف الملائمة لتكوين منتج غير عضوي مُقَولَب عضويًّا بمعدل نجاح 89 في المئة. ويكشف تحويل نموذج التعلم الآلي عن فرضيات جديدة فيما يتعلق بشروط تكوين ناجح لمنتَج.

Machine-learning-assisted materials discovery using failed experiments

P Raccuglia *et al*

doi: 10.1038/nature17439

أحياء مجهرية

تطوير سموم بكتيريا؛ لمكافحة الحشرات

تُستخدم سموم دلتا الداخلية لبكتيريا *Bacillus thuriniensis* بكثافة كبروتينات مبيدة للحشرات في المحاصيل المعدَّلة وراثيًّا، التي تقدِّم منافع زراعية واقتصادية وبيئية، لكنْ يهدِّد تطور مناعة الحشرات لسموم بي تي فعالية هذه السموم على المدى الطويل. وقد طَوَّر الباحثون في هذه الورقة سموم بي تي، مدعومة بالعاثيات، التي تخضع لمنظومة تطوُّر سريعة تضم تفاعلات بروتينية. وقد أنتج الباحثون صورة مختلفة من سم بي تي، المسمى (Cry1Ac)، يمكنها الارتباط بمُسْتَقْبِل شبيه الكادهيرين في الآفّة الحشريّة *Trichoplusia ni*، نظرًا إلى عدم ارتباطه بالنوع البري من السم. وتتميز الصورة الجديدة من السم بدرجة ارتباط عالية (ثابت

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التفكك K_d=10^{-41} نانو مولار)، كما أنها تقتل الخلايا الحشريّة التي لا تتأثر بالنوع البري من السم، وتقضي على آفة *Trichoplusia ni* بقوة تصل إلى ـ335 ضعفًا. وتؤكد النتائج أن تطوير سموم بي تي جديدة لمستقبِلات الخلايا الحشرية يمكنه التغلب على مقاومة الحشرات للسموم، ومنح قوة فاتكة تقارِب قوة النوع البري من سم بي تي ضد الحشرات غير المقاوِمة.

Continuous evolution of *Bacillus thuringiensis* toxins overcomes insect resistance

A Badran *et al*

doi: 10.1038/nature17938

وراثة

مُغايرات جينية ترتبط بأمراض معقدة

حددت دراسات الارتباط على مستوى الجينوم "GWAS" عدة مُغايرات جينيّة مرتبطة بأمراض معقدة، إلا أن الاطلاع على آلياتها يعوقه نقص المعرفة بكيفية إسهام تلك المغايرات في الإصابة بالمرض. وقد كان متصوَّرًا أن آثار الأداء المقرون بمُغايرات الخطر غير المُشفِّرة على التعبير الجيني هي عامل رئيس في التباين المظهري للصفات المُعَقَّدة، وسهولة التعرض للأمراض. وأوضحت الدراسات الحديثة في التخلق المتوالي على مستوى الجينوم غِنَى المُغايرات التي حددتها دراسات الارتباط على مستوى الجينوم بعناصر الحمض النوويّ المُنَظِّمة في أنواع الخلايا ذات الصلة بالمرض. وإضافة إلى ذلك.. فالتغيُّرات الخاصة بتعدد أشكال النيوكليوتيدات المفردة "SNP" في ربط عوامل النسخ لها صلة بالتعديلات الموروثة في حالة الكروماتين، وتُعتبر وسيطًا مهمًّا في تنظيم التعبير الجيني المعتمِد على التتابع. ويصف الباحثون في هذه الورقة استراتيجية جديدة للتحليل الوظيفي لأثر الأداء المقرون لمُغَايراتِ الخطر الجيني في العناصر المُنَظِّمة على التعبير الجينيّ؛ من خلال مزج معلومات التخلّق المتوالي على مستوى الجينوم مع تحرير جينوم التكرارات المتناظِرة القصيرة العنقودية (كريسبر/كاس 9) في الخلايا الجذعية متعددة القدرات. وقد استطاع الباحثون توليد تجربة منضبطة دقيقة جينيًّا، استطاعوا من خلالها التعرف على مُغايرٍ مرتبط بمرض باركنسون في عنصرٍ ينظم التعبير عن ألفا-ساينوسلين "SNCA"، وهو جين رئيس متورط في حدوث الإصابة بمرض باركنسون. وتشير بياناتنا إلى أن كبح تنظيم "سنكا" مرتبط باقتران عوامل النسخ المختصة بالمخ EMX2، وNKX6-1. يؤسس هذا العمل لصيغة تجريبية؛ للربط وظيفيًّا بين التباين الجيني، والأنماط الظاهرية ذات الصلة بالأمراض.

Parkinson -associated risk variant in distal enhancer of α-synuclein modulates target gene expression

F Soldner *et al*

doi: 10.1038/nature17939

علم الفيروسات

بصمة مناعية بشرية فريدة لمرض الإيبولا

رغم تزايد جسامة الانتشار الوبائيّ لمرض فيروس الإيبولا "EVD" في غرب أفريقيا، فما يزال هناك عجز كبير في معرفتنا بفسيولوجيا المرض، وبصفة خاصة في معرفتنا بالاستجابة المناعية ضد الفيروس في الإنسان. يقيِّم الباحثون في هذه الورقة الاستجابة المناعية للخلايا التائية البشرية في مرضى فيروس الإيبولا في وقت نقلهم للعلاج في "مركز علاج مرضى الإيبولا" في غينيا، حتى خروجهم من المستشفى، أو وفاتهم. ومن خلال استخدام قياس التدفُّق الخلوي متعدد العوامل، الذي وضعه "المعمل الأوروبي المتنقّل" في المجال، تعرَّف الباحثون على بصمة مناعية مميزة في وفيات مرض فيروس الإيبولا، حيث تميز مرض فيروس الإيبولا المميت بوجود نسبة عالية من الخلايا التائية ذات كتلة التمايز 4+ و8+ (CD^{4+} - CD^{8+})، التي تعبِّر عن الجزيئين المانعين "البروتين المرتبط بالخلايا الليمفاوية التائية السامة" CTLA-4، و"بروتين موت الخليّة المُبَرْمَج" PD-1، اللذين ارتبطا بارتفاع نسبة المحددات الالتهابية، وارتفاع الحمل الفيروسي. وعلى العكس، فقد أظهر الأفراد الناجون تعبيرًا أقل بكثير عن CTLA-4، و PD-1، وتميزوا بنسبة منخفضة من محددات الالتهاب، رغم تنشيط الخلايا التائية، بالإضافة إلى وجود استجابة قوية من الخلايا التائية الخاصة بفيروس الإيبولا. وتشير النتائج إلى أن سوء انتظام استجابة الخلايا التائية هو عنصر أساسي في فسيولوجيا مرض فيروس الإيبولا.

Unique human immune signature of Ebola virus disease in Guinea

P Ruibal *et al*

doi: 10.1038/nature17949

فيزياء

تحوُّل خاص بالساعة النووية للثوريوم

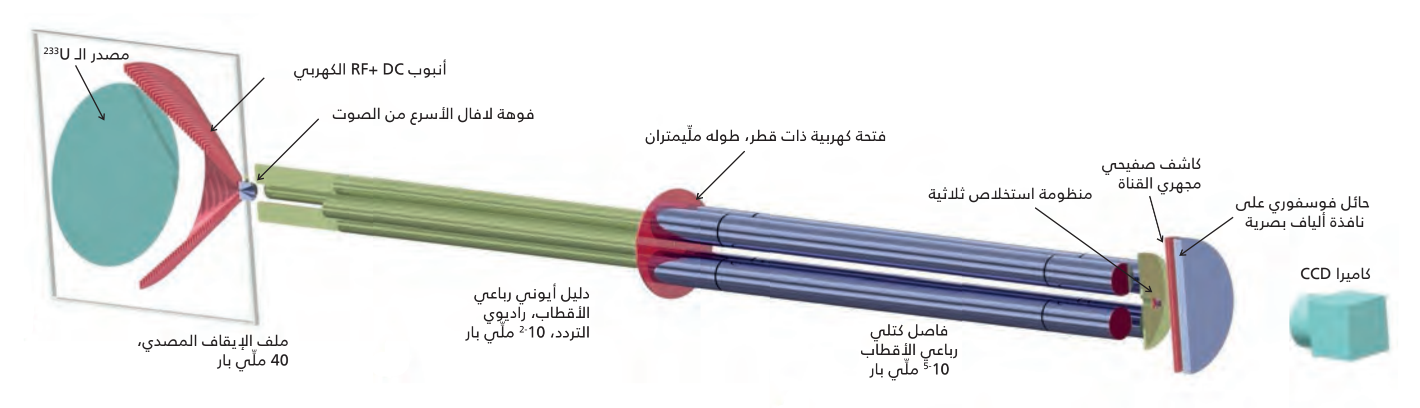
يتم إجراء أكثر قياسات الزمن والتردد دقةً اليوم باستخدام الساعات الذرية البصرية، التي يُفترَض تفوُّقها على الساعات النووية التي تعمل من خلال التحول النووي، عوضًا عن الانتقال الغلافي الذري. وهناك طَوْر نووي واحد فقط معروف، يمكن أن يُستخدم كساعة نووية باستخدام التكنولوجيا الحالية المتاحة، ويُسمى الطور الاستثاري المصاوغ الأول للثوريوم 229 isomer Th^{229} (الذي يُرمز له بـ^{229m}Th). يستعرض الباحثون في هذه الورقة الكشف المباشر عن هذا الطور النووي، وهو تأكيد آخر على وجود المصاوغ، بالإضافة إلى إرساله لقواعد إجراء دراسات دقيقة لمعاملات الاضمحلال. وبناءً على هذا الكشف المباشر، فإن الطاقة المصاوغية تقع بين 6.3، و 18.3 إلكترون فولت، كما تبين أن فترة نصف العمر الخاصة بالـ $^{229m}Th^{2+}$ تتجاوز 60 ثانية. ويبدو أن هناك معلومات دقيقة أكثر سيتم الحصول عليها قريبًا، ومن شأنها أن تمهد الطريق لتطوير معيار تردد نووي.

Direct detection of the ^{229}Th nuclear clock transition

L Wense *et al*

doi: 10.1038/nature17669

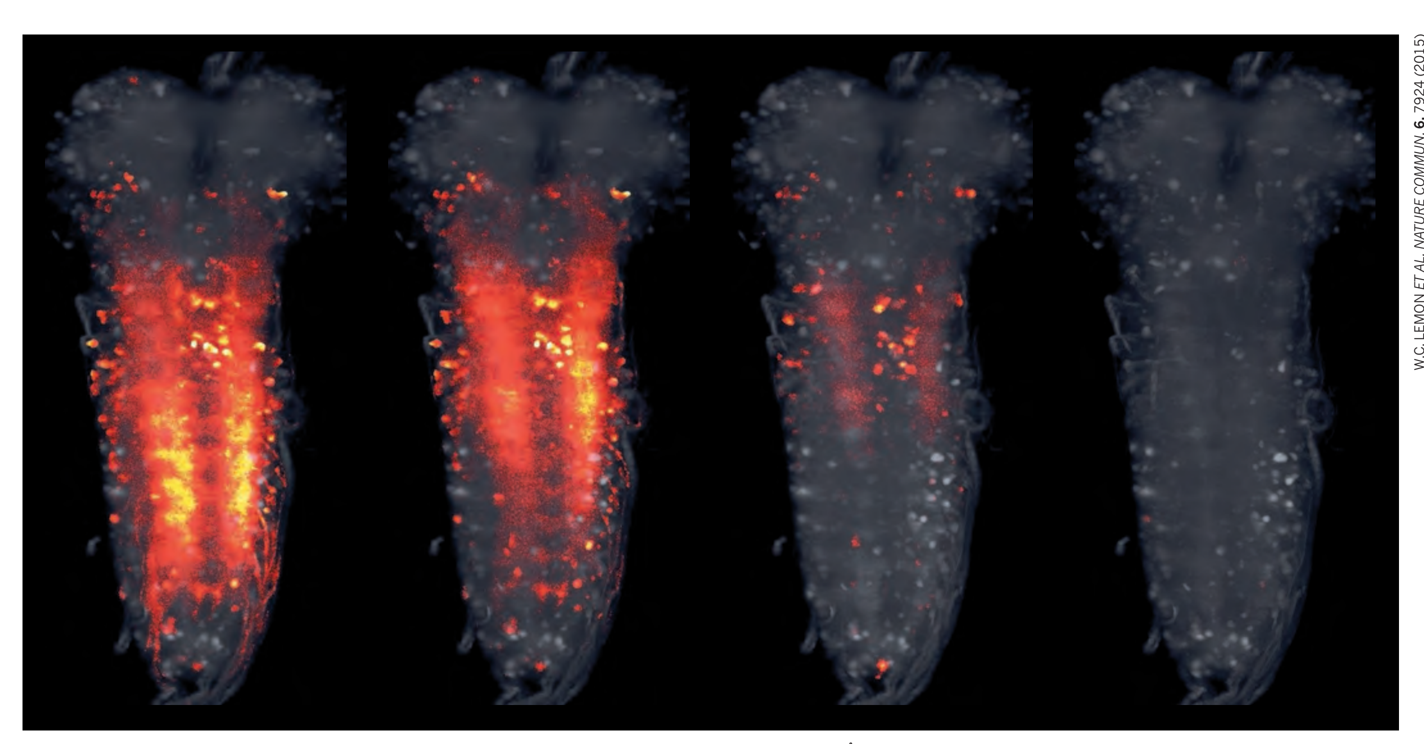
الشكل أسفله | مخطط التجربة. مصدر الـ 233U مركّب بمقدمة أنبوب +RF DC الموضوع بخلية توقف مصدّ غازي. يتم استخلاص أيونات ألفا الارتدادية للـ ^{229}Th من المصادر المنبعثة، وذلك لإنتاج النبضة الأيونية بمنظومة رباعية الأقطاب، راديوية التردد (RFQ). يتم جذب الأيونات عند طاقة حركية منخفضة (للهبوط الناعم) على سطح كاشف صفيحي مجهري القناة (MCP)، وذلك بعد التنقية الكتلية للنبضة الأيونية، بمساعدة فاصل كتلي رباعي الأقطاب (QMS)، حيث يتم الكشف عن إشارات التحلل المصاوغي.



صندوق الأدوات

الصراع مع فيض الصور

أرغمت التجاربُ التي تولِّد ملايين الصور العلماءَ على إيجاد طرق جديدة لمشاركة وتخزين بيانات التجارب الهائلة.



W.C. LEMON *ET AL. NATURE COMMUN.* **6**, 7924 (2015)

تصوير نشاط الخلايا العصبية في يرقة ذبابة الفاكهة، حيث تُنتج تجربة واحدة لتعقُّب هذه العملية ملايين الصور المماثلة.

جيفري إم. بركيل

أثناء تَلَوِّي يرقة ذبابة الفاكهة في مقطع فيديو نحو الأمام، ينطلق رد فعل عصبي بامتداد جسدها الذي يبلغ من الطول نصف ملِّيمتر. وحينما تتلوى نحو الخلف، تتموج الحركة العصبية في الاتجاه المعاكس. ويبيِّن الفيديو القصير ـ الذي يبلغ طوله 11 ثانية، والذي شُوهد أكثر من 100 ألف مرة على موقع "يوتيوب" ـ الجهاز العصبي المركزي لليرقة بدقة عالية، ووضوح يصل لاستعراض كل خلية عصبية مفردة. وقد أنتجت التجربةُ التي التُقط الفيديو خلالها عدةَ ملايين من الصور، وعدة تيرابايتات من البيانات.

وبالنسبة إلى عالِم الأحياء التطوُّرية فيليب كيلر، الذي أنتج فريقه البحثي الفيديو في مجمَّع بحوث جانيليا ـ التابع لمعهد هوارد هيوز الطبي في أشبرن بفرجينيا ـ فهذه التجارب هي مصدر آلاف الصور، التي تتسبب في تحديات لوجستية هائلة. ويقول: «لقد أمضينا حوالي 40% من وقتنا خلال الخمس سنوات السابقة ونحن نستثمر في برامج وطرق حاسوبية للتعامل مع البيانات". إن المشكلة لا تكمن في تخزين الصور، فهذا أمر هين ورخيص، لكنها تكمن في تنظيمها ومعالجتها، بحيث يستطيع العلماء الآخرون استيعابها، واستخراج ما يحتاجون إليه منها.

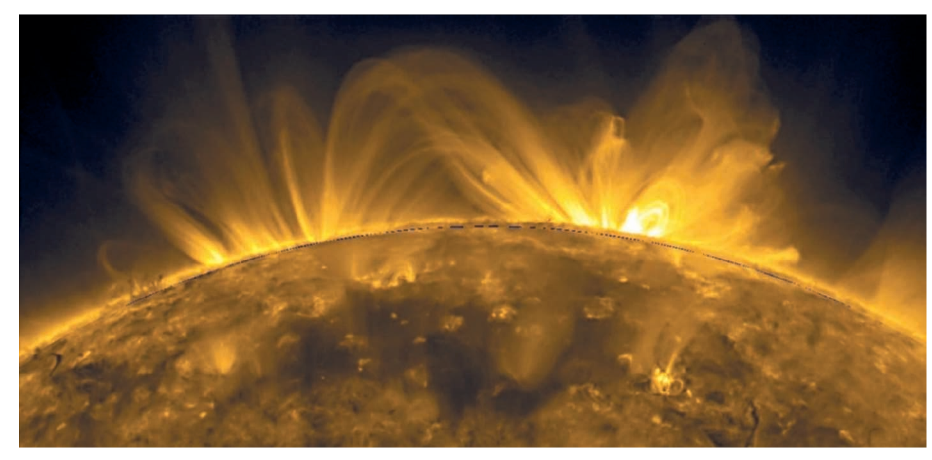
لقد أصبحت مشكلة " فيض الصور" عبئًا على الباحثين في العلوم البيولوجية والفيزيائية. ويشرح كيلر لدورية *Nature* ـ مع علماء آخرين يعملون في تخصُّصَي الفلك، والأحياء البنيوية ـ كيفية معالجتهم لتلك المشكلة.

رسم خريطة الشمس

في مكان ما بالمدار الأرضي الجغرافي المتزامن (geosynchronous) فوق لاس كروسيس في نيو مكسيكو، يتتبع مرصد الديناميات الشمسية "SDO" أثر شكل في السماء، يشبه الرقم 8. ويرصد ذلك القمر الصناعي الشمسَ باستمرار، مسجِّلًا كل شاردة وواردة بواسطة مصفوفة مكونة من ثلاث أجهزة تصوِّر الشمس، من خلال عشرة مرشحات، ويسجل ما تُخْرِجه من أشعة فوق بنفسجية، كما يلاحق نشاطها الزلزالي، وتُوَجَّه تلك البيانات بعدئذ إلى محطة أرضية. ويولِّد المرصد «حوالي 1.5 تيرابايت من بيانات الصور يوميًّا»، حسب تصريح جاك أيرلاند، عالِم الفلك لدى شركة "آدْنِت سيستيمز" ADNET Systems المتعاقدة مع وكالة "ناسا" في بيِثيسدا بميريلاند. ووفقًا لوكالة ناسا، يكافئ هذا المقدار من البيانات حوالي 500 ألف أغنية محمَّلة على موقع "آي تيونز".

ومن أجل مساعدة الباحثين على الاطلاع المستمر على تلك الصور، طَوَّر فريق آدنت لدى وكالة "ناسا" مع وكالة الفضاء الأوروبية موقع "هليوفيوور" على شبكة الإنترنت (.helioviewer org)؛ من أجل تصفُّح الصور القادمة من المصدر، كأنه تطبيق "جوجل" للخرائط، ولكن لكوكب الشمس، حسب وصف أيرلاند، إضافة إلى تطبيق قابل للتحميل (.jhelioviewer org)، لكن الباحثين وهواة علم الفلك الذين يستعملون هاتين الأداتين لا يشاهدون البيانات الأصلية، بل يشاهدون بدلًا منها صورًا أقل وضوحًا. ويقول آيرلاند: "لدينا صور تلك البيانات.. لا البيانات نفسها".

تتكوَّن كل صورة من صور المرصد العلمية الأصلية من مربع، تصل أبعاده إلى 4,096 × 4,096 بكسل، ويساوي حجمها حوالي 12 ميجابايت. وتُلتقط تلك الصور كل 12 ثانية، وقد جُمع عشرات الملايين منها في أرشيف بيانات مكون من ◄


NASA/SDO

نشاط على سطح الشمس، مرصود من قِبَل مرصد الديناميّات الشمسية ـ التابع لوكالة "ناسا" ـ الذي يجمع 1.5 تيرابايت من البيانات يوميًّا.

عدة بيتابايتات، ولا يزال في زيادة (1 بيتابايت يساوي مليار ميجابايت، أو 1,000 تيرابايت). ولتوفير الصور للمستخدمين، تُضغط كل صورة تأتي في المركز الثالث ومضاعفاته إلى 1 ميجابايت، وتُتاح عبر الموقع.

ويمكن للمستخدِمين القفز إلى فترة زمنية التُقطت بها صور، لأن المرصد الذي أُطلق في عام 2010 ينتقي مرشح ألوان لاستخراج البيانات. بعدئذ، يمكنهم تكبير الصور، وتدويرها، وقَصّها، وضمّها معًا على شكل أفلام تستعرض الديناميّات الشمسية. ويَذكر أيرلاند أن المستخدمين يكوِّنون حوالي 1,000 مقطع فيديو مصوَّر في المتوسط يوميًّا. ومنذ عام 2011، تم تحميل 70 ألف مقطع على الأقل إلى موقع "يوتيوب".

وبعد اختيار صورة محددة، أو قصّ منطقة من قبيل بقعة شمسية متوهجة معينة، يمكن للمستخدمين تحميل الصورة بدرجة وضوح عالية. ويمكنهم أيضًا تحميل أرشيف كامل للصورة صغيرة الحجم (1 ميجابايت) إذا أرادوا، أمّا تحميل أرشيف 60 تيرابايت أو أكبر، فهي عملية يمكن أن تستغرق أسابيع.

صيغ ملفات تنتقل بشكل أسرع

فيما يخص مجموعة الأحياء التطوُّرية لدى مركز بحوث جانيليا، فإن إتاحة بياناتهم على شبكة الإنترنت ليس بمشكلة. وإذا حدث وطلبها آخرون، يمكن للفريق البحثي أن يشارك معهم الصور باستخدام أدوات معينة في نقل الملفات، أو عن طريق إرسال أقراص صلبة إليهم، لكن يجب على الفريق أولًا إعداد وترتيب الصور التي تتدفق من ميكروسكوبات المختبر بمعدل جيجابايت لكل ثانية، وهو ما يصفه كيلر بأنه "تحد كبير".

يستعمل مختبر كيلر ميكروسكوبات تركِّز أشعة الضوء على أدمغة أجنة كائنات صغيرة، مثل ذبابة الفاكهة، والسمكة المخططة، والفئران. وقد عُدِّلت تلك الحيوانات جينيًّا، بحيث تتألق خلاياها فلوريًّا، استجابةً لسقوط الضوء عليها، مُتِيحَة بذلك للفريق تصوير كل خلية، ومتابعتها في صورة ثلاثية الأبعاد على مدى ساعات. ومن أجل تخزين هذه الصور، أنفق المختبر حوالي 140 ألف دولار أمريكي على خوادم ملفات توفِّر سعة تخزين تصل إلى حوالي 1 بيتابايت.

وتُكْسِب هذه الدرجة العالية من تنظيم ملايين الصور أعضاءَ الفريق بعض الراحة، فكل ميكروسكوب يخزِّن بياناته ضمن ملف يخصه. ويجرى ترتيب الملفات في شكل شجرة تبين تواريخ إجراء التجارب، وأنواع الكائنات النموذجية المستخدمة، والمرحلة التي وصلت إليها، والبروتينات المعلَّمة فلوريًّا، المستخدَمة في إظهار الخلايا، والوقت الذي التُقطت فيه كل صورة. هكذا صُمِّم هذا المسار لمعالجة بيانات هذا المختبر خصيصًا، كما يقول كيلر.

وهذه الملفات لا تحتوي على صيغة الـJPEG التي تألَفها غالبية الميكروسكوبات. وهذه الصيغة تضغط حجم الملف؛ من أجل سهولة نقله، لكنها بطيئة نسبيًّا في نقلها على أقراص، أو الاطلاع عليها، بالإضافة إلى كونها غير مناسبة في حالة البيانات ثلاثية الأبعاد. وقد كان الميكروسكوب الخاص بكيلر يلتقط الصور بسرعة كبيرة جعلته يحتاج إلى صيغة ملفات يمكنها ضغط الصور بالكفاءة نفسها للـJPEG، مع إمكانية نقلها وقراءتها بسرعة عالية. ونظرًا إلى أن المختبر يعمل غالبًا على معالجة مجموعات جزئية منفصلة من البيانات، احتاج كيلر إلى طريقة بسيطة؛ لاستخلاص مواقع مكانية، أو نقاط زمنية معينة منها.

وهنا، ظهرت صيغة بلوك مختبر كيلر Keller Lab Block (KLB) التي طَوَّرها كيلر وفريقه للملفات. وتُقطِّع هذه الصيغة بيانات الصورة إلى قطع (بلوكات)، تُضغط بالتوازي بواسطة معالِجات حاسوبية متعددة[1]. وهذا يُضاعف السرعة التي تُمكِّن قراءة ونقل الملفات بمعدل ثلاثة أضعاف، ولذا.. يمكن للصيغة KLB أن تضغط حجم الملفات، كما تفعل صيغة الـ JPEG تمامًا، إنْ لم تكن أفضل منها.

نظريًّا، يقول كيلر إنه يمكن استعمال ملفات الـKLB مع الكاميرات الرقمية التجارية، أو في حالة أي منظومة تحتاج إلى وصول سريع إلى البيانات. ويتوفر مصدر برنامج KLB مجانًا. هذا.. وقد صمم المختبر أدوات وبرامج لتحويل صيغ الملفات للبرنامج MATLAB ولبرنامج تحليل الصور مفتوح المصدر ImageJ، ولبضع برامج تجارية أخرى. ويقول كيلر إنه يمكن للباحثين الذين يستعملون ميكروسكوبات تجارية استعمال تلك الصيغة أيضًا. كما يصف عملية تحويل البيانات إلى ملفات KLB بأنها عملية "مباشرة" من حيث سهولة الاستخدام والتخزين على المدى البعيد.

مشاركة البيانات الأصلية

يولِّد علماء الأحياء ـ الذين يلتقطون صورًا لتحديد البِنَى الجزيئية ـ كميات هائلة من الصور. وإحدى التقنيات التي أصبحت تلقى رواجًا في هذا المجال ـ ومن ثَمَّ تولِّد مزيدًا من البيانات ـ هي استخدام الميكروسكوب الإلكتروني المبرّد cryoEM.

ويعمل الميكروسكوب الإلكتروني المبرّد عن طريق إطلاق حزم إلكترونات على محاليل بروتينية مجمدة، ثم يقوم بالتقاط آلاف الصور، ويجمعها معًا للحصول على بِنْيَة ثلاثية الأبعاد لتلك البروتينات بدرجة وضوح تقترب من المستوى الذري. ويقل حجم معظم تلك النماذج عن 10 جيجابايت، ويخزِّنها الباحثون في بنك بيانات الميكروسكوب الإلكتروني Electron Microscopy Data Bank (EMDB)، لكنهم لا يخزِّنون البيانات الأصلية التي استُعملت في تكوين النماذج الناتجة، لأنها تصل إلى حجم ضعفها. ويقول أردان باتووردهان ـ الذي يدير مشروع بنك بيانات الميكروسكوب الإلكتروني لمصلحة بنك بيانات البروتينات في أوروبا "PDBe" لدى المعهد الأوروبي لنظم المعلومات الحيوية "EBI" بالقرب من كمبريدج في المملكة المتحدة ـ إن البنك لم يُجهَّز للتعامل مع البيانات في صورتها الأصلية، ونتيجة لذلك.. لا تكون إعادة إنتاج النماذج جيدة. ويضيف قائلًا: دون الوصول إلى البيانات الأصلية، لا يستطيع الباحثون التحقُّق من تجارب الآخرين، وتطوير أدوات تحليل جديدة.

وفي شهر أكتوبر من عام 2014، اقترح بنك بيانات البروتينات في أوروبا حلًّا تجريبيًّا، وهو إنشاء قاعدة بيانات تضم البيانات الأصلية التي يولِّدها الميكروسكوب المبرّد، تُسمى "الأرشيف التجريبي لصور الميكروسكوب الإلكتروني المبرّد" EMPIAR، الذي يديره باتووردهان أيضًا. ويقول باتووردهان إنه لا يقبل في هذا الأرشيف إلا مجموعات بيانات للبِنَى المخزنة في بنك بيانات الميكروسكوب الإلكتروني، وإلاّ فقد يحاول المستخدمون استخدامه لتخزين بيانات أخرى.

ويحتوي الأرشيف التجريبي لصور الميكروسكوب الإلكتروني المبرّد حاليًّا على 49 مدخلًا، بمتوسط حجم كل منها حوالي 700 جيجابايت. ويزيد حجم أكبرها على 12 تيرابايت، ويصل المجموع الكلي للأحجام إلى 34 تيرابايت. ويقول باتووردهان "لدينا حيز متاح للزيادة، حتى الوصول إلى مستوى البيتابايت". ويُحمِّل المستخدمون ما يساوي مجموعه حوالي 15 تيرابايت من البيانات شهريًّا.

وينطوي تحميل بيانات بهذا الحجم على مشكلات خاصة به.. فالبروتوكول القياسي المعتمَد في نقل الملفات بين الحواسيب ـ أي بروتوكول نقل الملفات FTP ـ يعاني من صعوبات في نقل مجموعات البيانات الكبيرة. فانقطاع الاتصال شائع، ويمكن لمُدَد التحميل أن تطول على نحو ملحوظ في حالة النقل عبر المسافات البعيدة. ولذا.. دَفَع المعهد الأوروبي لنظم المعلومات الحيوية ـ بالإنابة عن مستخدمي الأرشيف التجريبي ـ أجور استعمال خدمتَي نقل سريعة للملفات، وهما "أسبيرا" Aspera، و"جلوباس أونلاين" Globus Online، وكلاهما تنقلان بيانات بمعدلات تساوي "بضعة تيرابايتات كل 24 ساعة"، حسب باتووردهان. ويدفع المعهد الأوروبي ـ الذي يستعمل هاتين الخدمتين أيضًا لنقل مجموعات بيانات جينومية كبيرة ـ عن حصته من المبادلات. وقد تصل تكلفة ما يتحمله المعهد الأوروبي مقابل توفير خدمة "أسبيرا" إلى آلاف الدولارات في السنة، كما يقول باتووردهان.

لقد أثبتت بيانات الأرشيف التجريبي لصور الميكروسكوب الإلكتروني المبرّد الأصلية جدارتها بالفعل. فقد شارك إدوارد إيجلمان ـ عالِم الأحياء البنيوية لدى جامعة فرجينيا بشارلوتسفيل ـ في إجراء دراسة[2] لبِنْيَة بروتين شبه فتيلي مجمَّع، يُسمى MAVS، كان متعارضًا مع نموذج خطي آخر للبروتين[3]. وأثبت إيجلمان أن البِنَى السابقة كانت غير صحيحة، وذلك بعد تحميل وإعادة معالجة مجموعة البيانات الأصلية[4]. ومن المتوقع أن تنتهي منحة إنشاء الأرشيف التجريبي في عام 2017، لكنْ يذكر باتووردهان أن باحثي الميكروسكوب الإلكتروني المبرّد أخبروه أنهم يَعتبرون هذا الأرشيف بالغ الأهمية، وأنهم يريدون نزع صفة "التجريبي" عنه. ويقول باتووردهان: «إنهم يشعرون أن ذلك يجب أن يُعتبر أرشيفًا ضروريًّا للمجتمع البحثي، وهو أمر جيد أن نسمعه». ■

1. Amat, F. *et al. Nature Protoc.* **10,** 1679–1696 (2015).
2. Wu, B. *et al. Mol. Cell.* **55,** 511–523 (2014).
3. Xu, H. *et al. eLife* **3,** e01489 (2014).
4. Egelman, E. H. *eLife* **3,** e04969 (2014).

علوم بيئية يجب على العلماء أن يواكبوا تجاوب الحيوانات والنباتات مع التغيرات البيئية **ص. 51**

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **arabicedition.nature.com/events**

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**



BRIAN E. KUSHNER

تُعَدّ الفراشة النطاطة المرقَّطة باللون الفضي (*Hesperia comma*) أحد الأنواع التي تمكنت من التكيُّف مع تغيُّر الظروف.

علوم بيئية

أجـواء حافلة بالتغيـرات

تتجاوب الحيوانات والنباتات على مستوى العالم مع التغيرات التي تطرأ على البيئة، ويجب على العلماء الذين يدرسون تلك الكائنات أن يفعلوا بالمثل.

باربرا رودريجز

رَأَى الباحث المتخصص في دراسة الزواحف راسل بيرك جهد 14 سنة من العمل الميداني يضيع كله تقريبًا أمام عينيه في لحظة، عندما ضَرَبَ إعصار ساندي الساحل الشرقي للولايات المتحدة في عام 2012. كان راسل قد بدأ منذ عام 1998 في دراسة ديناميّات الجماعات لنوعين محليين من السلاحف، مثل حجم حفنة البيض التي تحتضنها، وحركات الهجرة الموسمية، وغيرها الكثير، في محمية الحياة البرية المعروفة باسم «جامايكا باي» في مدينة نيويورك بالقرب من محل عمله في جامعة هوفسترا بهامبستيد.

وفي عام 2012، اقتحمت الأمواج العاصفة حاجز بِرْكَة كانت موطنًا لاثنتين وعشرين من السلاحف النَّهَّاشة (*Chelydra serpentina*) التي كان بيرك يدرسها، وقُتلت جميع السلاحف عندما حَوَّلت الأمواجُ مياهَ البركة من عذبة إلى مالحة. وكانت سلاحف القاطور ذات الظهر الماسي (*Malaclemys terrapin*) ـ التي تُعَدّ المنطقة موطنًا لها، والتي تفضِّل العيش في المياه المالحة ـ تحظى بوضع أفضل. لاحظ بيرك ردود فعل محيرة وغريبة من السلاحف. يقول: «بدأت السلاحف تقيم أعشاشها في أماكن لم تكن تفضِّلها من قبل، بل وتوقفت عن التعشيش في الأماكن التي اعتادت اختيارها»، ولكنْ حَرَمَتْه الأمواج من الوصول إلى منطقة أعشاش تلك السلاحف بسهولة؛ ومن ثم لم يتمكن فريقه سوى من فحص ودراسة جزء صغير منها فقط.

وسوف يستغرق الأمر سنوات؛ لإصلاح ذلك الحاجز، وخفض نسبة الملوحة، وإعادة توطين السلاحف النَّهَّاشة. وسوف يستغرق الأمر وقتًا أطول؛ ليتمكن بيرك وفريقه من تقييم الأثر الكلي للعاصفة على تجمُّعات السلاحف من كلا النوعين، مما يمثل ضربة موجعة لمشروع بيرك البحثي. يقول: «ستكون لدينا فجوة واسعة. فإلى أنْ يتم إصلاح ذلك الصدع، لا يمكننا اكتشاف حقيقة ما يجري هناك».

وتُسْهِم أنماط الطقس المتغيرة ـ مثل تراجع برودة الشتاء، وزيادة الأمطار في الربيع، وتكرار العواصف، واشتداد قوتها ـ إسهامًا متزايدًا في تغيير المشهد العام أمام العلماء الذين يُجْرُون دراسات ميدانية للحياة النباتية والحيوانية (انظر: «في مواجهة التقلبات»). فقد أصبحت زنابق الماء التي تنبت في الكتل الجليدية في الغرب الأوسط الأمريكي تُزْهِر قبل أن تصل ملقِّحاتها من الطيور الطنانة[1]. كذلك صار سَمَك السلمون القادم من المحيط الأطلنطي، الذي لا يتلقى الغذاء الكافي، يدخل الممرات المائية في أسكتلندا في وقت متأخر عن موعده المعتاد[2]. كما أصبحت الطيور والنباتات تنتقل إلى أماكن أكثر ارتفاعًا في جبال الألب السويسرية[3]. ومن ناحية أخرى، تكافح البرمائيات التي ضربها الجفاف في كاليفورنيا من أجل البقاء على قيد الحياة[4]. وبصفة عامة، تجبر التغيراتُ البيئية النباتات والحيوانات على تغيير تكتيكات البقاء الخاصة بها.

وفي المقابل، يجب على علماء البيئة وعلماء الأحياء المتخصصين في الحياة البرية وعلماء السلوك، وغيرهم ممن يقومون بإجراء دراسات ميدانية، أن يتجاوبوا مع التغيرات البيئية، وأن يتمتعوا بقدر من المرونة، بل ربما يتحتم عليهم أن يغيِّروا من أسلوب تقييمهم للمَواطن الطبيعية أثناء عمليات المسح الميداني، أو أن يتوجهوا إلى مواقع البحث في وقت أسبق، أو أن يضعوا في ميزانياتهم مخصَّصات لزيادة عدد أفراد الفريق والأجهزة والمعدات. وقد يحتاجون عند قيامهم بزيارة مناطق نائية إلى أن يُولُوا سلامتهم البدنية اهتمامًا أكبر، حيث تشتد وطأة الطقس القاسي، ويتكرر حدوثه، ويعرِّضهم تغيُّر الظروف لتهديد أكبر في مواجهة الحياة البرية.

دببة مخيفة

يجد البعض أن تلك المواجهات يمكن أن تكون خطيرة بالفعل، وقد أصبح جورج ديفوكي ـ عالِم البيئة المتخصص في تغيُّر المناخ بجامعة ألاسكا فيربانكس ـ يهتم بسلامته الشخصية، فيما يدرس طائر الجلموت الأسود (*Cepphus grylle*)، وهو نوع من الطيور البحرية القطبية التي تتكاثر على إحدى الجُزُر الحاجزة قبالة الساحل الشمالي لولاية ألاسكا. وفي عام 2002، اضطر فريق البحث والإنقاذ إلى الْتِقَاط ديفوكي وفريقه بطائرة مروحية، لأن الدببة القطبية غَزَت معسكرهم، نتيجةً لذوبان الجليد. وفي عقود أسبق، لم تُرْصَد سوى بعض الدببة المنفردة على مسافات بعيدة في تلك الجزيرة البالغ طولها 5 كيلومترات. وفي تلك السنة، اقتحم أكثر من 24 من الدببة خيام العلماء، وعبثت بمحتوياتها على مدار أربع ليال. يقول ديفوكي: «في الوقت الحالي، دائمًا ما أحمل معي بندقية محشوة بالذخيرة عند ذهابي إلى الجزيرة».

ونظرًا إلى أن النطاق الجغرافي للأنواع التي تتم دراستها يتغير، أو يصبح أكثر تنوعًا أو انتشارًا، قد يحتاج الباحثون إلى عدد أكبر، أو مساحات أوسع من المواقع الميدانية؛ مما يتطلب المزيد من الرحلات وطلب العون. اكتَشف ذلك الأمر روبرت كاري ـ أخصائي التهجين بين الأنواع بجامعة فيلانوفا في ولاية بنسلفانيا ـ في عام 2003. ويبحث كاري في الأسباب والنتائج المترتبة على التهجين بين نوعين مختلفين من طيور القرقف الأمريكي، ينتميان إلى مَواطن متداخلة. وعندما بدأ بحثه في عام 1998، كان لديه موقع ميداني في منطقة تَدَاخُل نطاقات بيئية، إلى جانب مناطق إلى الشمال وإلى ◄



ROBERT BURNSIDE

عالِم البيئة بول دولمان أثناء زيارة ميدانية له في أوزبكستان.

◀ الجنوب، لا يعيش فيها سوى نوع واحد من تلك الطيور، ولكن بحلول عام 2003، بدأ كاري وفريقه يلاحظون تغيرات في أقصى الشمال، تضمنت ظهور أصوات تغريد تعود إلى طيور القرقف التي كانت متوطنة في الجنوب، لكنها انتقلت إلى الشمال؛ للتكيف مع فصول الشتاء الأكثر دفئًا[5].

ونتيجةً لتلك الهجرة، اضطر كاري إلى إضافة موقع رابع على بعد 24 كيلومترًا من أبعد نقطة شمالًا، لدراسة مجموعة نقية من تلك الطيور. يسافر كاري في كل ربيع من فيلانوفا، الواقعة على بُعْد 48 كيلومترًا من أقصى نقطة جنوبيًّا، لمتابعة 200 عش في أربعة مواقع ميدانية، ولو أُتيح له الوقت لزيارتها جميعًا في رحلة واحدة، لانتهى به الأمر إلى السفر لمسافة تزيد على 160 كيلومترًا؛ لدراسة الطيور البالغة وأفراخها. ويُقَدِّر كاري مدة العمل الميداني الإضافية التي سَبَّبها الموقع الرابع بحوالي 160 ساعة سنويًّا.

اضطر كريس توماس ـ عالِم البيئة بجامعة يورك بالمملكة المتحدة ـ إلى زيادة عدد أفراد فريقه، بعد أن قام نوع من الفراشات التي يدرسها بتغيير موطنه. فبنهاية عقد التسعينات من القرن العشرين، انتقلت الفراشة النطاطة المرقَّطة باللون الفضي (*Hesperia comma*) ـ التي كان وجودها في وقت ما يقتصر على سفوح التلال المواجِهة للمناطق الجنوبية ـ إلى الغطاء النباتي الأكثر ارتفاعًا وظلالًا على سفوح التلال المواجِهة للمناطق الشرقية والغربية، بل توجد الآن أيضًا في بعض الأماكن المواجِهة للمناطق الشمالية[6]. يقول كاري: «هناك المزيد والمزيد من الأراضي المطلوب تغطيتها».

وعندما أَطْلَق توماس برنامجه في عام 1982، احتاج فقط إلى عضو مختبَر واحد؛ لإجراء مسح ميداني لمَواطن الفراشات. وبحلول عام 2009، تضخَّم عدد أفراد فريقه، ووصل إلى 12 عضوًا. ولا يزال توماس في حاجة إلى مزيد من المساعدة، فهو يَعتمد حاليًّا على مقاييس الحرارة في المواقع الميدانية، كما يعتمد على عالِم بيئة زميل في وضْع نموذج لدرجات حرارة مَواطن انتشار الفراشات.

ورغم أن العمل الميداني والتحليلي اللذين يجريهما توماس قد صارا أكثر تعقيدًا، إلا أنه يرى أنه من المهم حيازة بيانات متتابعة لفترة زمنية طويلة. يقول: «تتمثل القيمة الحقيقية في مواصلة العمل البحثي، وفَهْم ماهية تلك التغيرات طويلة المدى».

خطط مُحْبِطة

يضطر بعض العلماء إلى تغيير محور تركيزهم بالكامل عندما تتغير الظروف. ففي عام 1998، بدأ بول دولمان ـ المتخصص في علم البيئة التطبيقي بجامعة إيست أنجليا في نورتش بالمملكة المتحدة ـ في استكشاف كيف ولماذا تعرَّض مَوطن طائر قبرة الغاب لتغيرات في غابة ثيتفورد، التي تبلغ مساحتها 19 ألف هكتار، وهي مِن المَزارع الكائنة في بريكلاند في المملكة المتحدة. وتقوم هيئة الغابات في المملكة المتحدة بإدارة الغابة وتحطيب أشجارها منذ عقود؛ لدعم أشجار الصنوبر الكورسيكي، أو الأسود (*Pinus nigra* ssp. *laricio*) التي تزدهر في المناخ الجاف الدافئ الذي يميز تلك المنطقة. وقد بدأت الهيئة في عام 2000 في مناقشة تحويل الغابة إلى محمية؛ لإيواء طيور قبرة الغاب (*Lullula arborea*)، التي وصل أقصى عدد لها إلى 456 طائرًا، وتم وَضْع الخطة في صورتها النهائية في عام 2006. ورغم تلك الحماية الخاصة، تراجعت أعداد طيور قبرة الغاب منذ ذلك الحين إلى أقل من ثلث العدد المذكور آنفًا. ويبقى السؤال: لماذا حدث ذلك؟

وجدت الدراسات المَسْحِيَّة أن طيور قبرة الغاب تفضِّل الحشائش القصيرة التي تنمو في الأماكن التي قُطعت فيها أشجار الصنوبر الكورسيكي. ولاحظ دولمان ـ الذي دَرَس أنماط هَطْل الأمطار على مدار قرن من الزمن، وسجلات درجة الحرارة للمنطقة طوال 60 عامًا ـ أن المناخ يتغير ليصبح أكثر اعتدالًا ورطوبة. وقد أظهرت النتائج الأولية التي توصَّل إليها أن الغطاء النباتي في الأراضي مقطوعة الأشجار كان ينمو بوتيرة أسرع، مما جعل المنطقة غير صالحة لطيور قبرة الغاب. ومن ثم، شرع دولمان في استيضاح ما إذا كان للتغيرات التي طرأت على الغطاء النباتي ـ نتيجة لتغيُّر المناخ ـ دور في ذلك التراجع، أم لا، لكنه لم يحصل على إجابة، واضطر في عام 2008 إلى تغيير مساره. فقد أدَّى تزايد معدلات الرطوبة في الغابة إلى تحفيز نمو نوع من الفطر، بدأ في إعاقة نمو أشجار الصنوبر الكورسيكي، وبدأت الهيئة في زراعة أشجار بديلة، مثل أشجار الشوكران، والتنوب، وغيرها. ومنذ ذلك الحين، بدأ دولمان وفريقه في دراسة المَواطن التي تفضِّلها طيور قبرة الغاب بين تلك الأشجار الجديدة، ودراسة الكيفية التي تبتغي إدارة الغابة من خلالها؛ لوقف انخفاض أعداد الطيور. وينبِّهنا دولمان قائلًا: «كُونوا دائمًا على استعداد للقيام بردود فعل حاسمة وفورية».

مِن الوارد أيضًا أن تكون التغيرات البيئية مكلفة. فقد تحتَّم على ديفوكي أن يجمع أكثر من 32 ألف دولار أمريكي لشراء معدات وإمدادات إضافية، كنتيجة مباشرة لتغيُّر الظروف البيئية. ومن بين تلك المعدّات: 200 صندوق بلاستيكي لطيور الجلموت، بعد أن تعلَّمت الدببة في عام 2009 كيف تقوم بفتح صناديق الأعشاش الخشبية، والْتَهَمَت جميع الأفراخ، باستثناء واحد فقط، وسياج كهربائي لصَدّ الدببة، ومُجمِّد، لأنّ التربة الصقيعية ضعفت ولم تعد قادرة على احتواء آبار للتجميد، وملابس واقية من المطر، لدعم صمود أفراد الفريق في عواصف ممطرة أكثر تكرارًا، وأشد قسوة.

لا يعرف دولمان ما سيواجهه هذا الربيع في رحلته السنوية إلى الجزيرة، ويقول: «لكنني مستعد للتعامل مع أي تغيرات جديدة». ■

باربرا إيه. رودريجز كاتبة حرة، تعيش في أوستن بولاية تكساس.

لائق علميًّا

في مواجهة التقلبات

يحتاج الباحثون العاملون في المواقع الميدانية إلى تقدير الآثار المترتبة على تغيُّر الظروف البيئية؛ والاستعداد لمواجهتها.

● يجب أن تدرك مخاطر إخفاق التجارب، خاصة إذا كان موضوع دراستك سهل التأثر بالظروف المناخية. قد يحدث ذلك عند دراسة الجماعات ذات الأحجام الصغيرة، أو عند تعرُّض نوع ما لحالة من التشتت المفرط في أماكن تَوَطُّنه، أو عندما يكون تباينه الجيني منخفضًا.

● قم بإجراء بحثك ـ إذا أمكن ـ في موقع تتوفر له بيانات مناخية وبيئية طويلة المدى، أو في موقع يغطي مساحة واسعة، إذ يحسِّن العمل في موقع أكبر حجمًا ـ أو في عدد أكبر من المواقع، مع توفُّر وقت كافٍ ـ من فرص الحصول على بيانات مفيدة عن السمة البيولوجية محل الدراسة، برغم التقلبات المناخية. كما يسهِّل معرفة ما إذا كان للأحوال المناخية تأثير على موضوع دراستك، أم لا، مع أن ذلك يتطلب مزيدًا من الباحثين والرحلات.

● تتيح دورية «أنيمال إيكولوجي» ورقة بحثية[7] تتضمن مجموعة من النصائح ودراسات الحالة حول تأثير الأحوال المناخية القاسية على الدراسات البيئية، من تأليف عالِم الأحياء المتخصص في تغيُّر المناخ، ليام بايلي، وعالِم البيئة المتخصص في تغيُّر المناخ، مارتين فان دي بول، وكلاهما يعمل في الجامعة الأسترالية الوطنية في كانبيرا.

● راجع التقارير الصادرة عن الفريق الحكومي الدولي المعنيّ بتغير المناخ «IPCC»؛ لتكوين فَهْم أفضل للتأثيرات الأوسع نطاقًا للظاهرة. وعلى سبيل المثال.. نشر الفريق مؤخرًا تقريرًا[8] عن الظروف المناخية القاسية، والتخفيف من آثارها، وناقش التنبؤات الخاصة بدرجات الحرارة، وبسقوط الأمطار في مناطق مختلفة.

● يمكنك الرجوع إلى مجموعات بيانات الطقس المحلية والمراجع الرئيسة التي تتناول التغيرات السابقة واللاحقة في منطقتك؛ للحصول على معلومات أكثر تخصيصًا. **باربرا رودريجز**

1. McKinney, A. M. *et al. Ecology* **93,** 1987–1993 (2012).
2. Windsor, M. L., Hutchinson, P., Hansen, L. P. & Reddin, D. G. *Atlantic Salmon at Sea: Findings from Recent Research and their Implications for Management* (North Atlantic Salmon Conservation Organization, 2012).
3. Roth, T., Plattner, M. & Amrhein, V. *PLoS One* http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0082490 (2014).
4. California Department of Fish and Wildlife. *A Rapid Assessment of the Vulnerability of Sensitive Wildlife to Extreme Drought* (CDFW, 2015).
5. Taylor, S. A. *et al. Curr. Biol.* **24,** 671–676 (2014).
6. Lawson, C. R. *et al. The Status and Conservation of the Silver-Spotted Skipper* Hesperia comma *in South-East England 2000–2009* (Univ. Exeter, 2013).
7. Bailey, L. D. & van de Pol, M. *J. Animal Ecol.* **85,** 85–96 (2016).
8. IPCC. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge Univ. Press, 2012).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



Call for Papers

Exploring the use of water treatment and purification technologies to supply clean water

npj Clean Water is an online-only, open access journal, dedicated to publishing significant and cutting-edge research that continues to ensure the supply of clean water to populations worldwide. *npj Clean Water* is now open for submissions.

Publishing with *npj Clean Water* offers authors a number of benefits, including:

- High visibility and wide dissemination
- Global reach and discoverability via nature.com
- Compliance with open access funding mandates
- Comprehensive and rigorous peer review by experts in your field
- Editorial Summaries, opening up your research to the wider community, written to encourage greater public engagement and interdisciplinary conversation
- Article level metrics, showcasing your personal research impact in academia and beyond

Published in partnership with



EDITOR-IN-CHIEF

Professor Eric M.V. Hoek, Ph.D.

Chief Executive Officer and Founder at Water Planet, Inc.

Department of Civil & Environmental Engineering, University of California, Los Angeles, USA

FREQUENCY OF PUBLICATION

Continuous, new content published online weekly from 2016

Part of the Nature Partner Journals series



www.nature.com/npjcleanwater

nature publishing group npg

شريحة من الزمن

عليك أن تستعيد ذلك الزمن المنسِيّ

جيف هيكت

ILLUSTRATION BY JACEY

بَدَت الحاكمة الأوليجاركية، الجالسة خلف المكتب الكبير المصقول بعناية ـ المصنوع من خشب الماهوجني الأحمر الأصلي ـ شديدة الضآلة، أو موغلة في البعد، أو كلا الأمرين معًا. استغرقني الأمر وقتًا طويلًا لِأَصِل إلى هنا، وعلمتُ أن عليَّ انتظارها حتى تتحدث.

قالت لي: «أفهمُ أن لديك شيئًا مثيرًا تقدِّمه لي». لم يكن بوسعي أن أحدِّق في وجهها، ولكني لمحت شفتيها تتحركان. بدا صوتها نقيًّا، وكأنه خضع لمعالجة صوتية. لم تكن أذناي قادرتين على تحديد الاتجاه الذي تصدر منه الكلمات بالفعل، لكن ذلك كان متوقَّعًا بالنسبة لي.

قلت لها: «لديَّ شريحةٌ من الزمن»، وصَمَتُّ برهةً في انتظار أن أرى وقع كلماتي عليها، ثم أردفتُ قائلاً: «إنها شريحة مميزة للغاية، أظنها ستثير اهتمامك».

ردَّت: «شريحة من الزمن»، وبدت كما لو كانت تقلِّب الكلمات في رأسها لتفهمها، ثم قالت: «وكيف لك أن تقتطع قطعة من الزمن؟ هل ستقتطعها من الكون بأسره؟ أم من جزء صغير منه؟»

لفتت نظري حدة ذكائها، ونظرتها الثاقبة. أجبتُها: «مِن الجزء الذي تتمنين مِن الكون فقط». وباعتبارها «أوليجاركية»، أي تنتمي إلى القلة الحاكمة، كانت قد تَمَنَّت كل ما امتدت إليه أيادي البشر، ولو أن الجزء الخاص بنا من الكون صغير جدًّا. ولم يكن لها سبيلٌ إلى النجوم، شأنها في ذلك شأن سائرنا. لقد دَرَسَ أسلافنا النجوم لدهور لا تُعَدّ ولا تُحصَى، حتى إنهم قد رصدوا كواكبها، لكننا نعرف حدودنا الآن، في عصر «الأوليجاركية». فليست النجوم سوى بقع تضيء السماء، يمكننا رؤيتها، ولكنْ لا يمكننا لَمْسها أبدًا.

اخترقتني عيناها. تساءلتُ في نفسي عن مكانها الحقيقي، وعن عدد طبقات المحاكاة التي كانت تفصل بيننا. لم تكن أوليجاركية أصلية؛ فقد عاش الأوليجاركيون الأوائل وماتوا، قبل أن يتعلم المتأخرون كيف يطيلون أعمارهم إلى الأبد تقريبًا. تم استنساخ عقولهم، ومحاكاتها، بينما حُفظت أجسامهم في حالة شبه سرمدية، لا تنتهي إلا عندما تتوقف أجهزة المحاكاة عن الاستجابة. وبهذه الطريقة.. تَوَلَّى الحُكْم تابعوهم، بالتشاور مع أجهزة المحاكاة، حتى أتى زمنٌ أصبح فيه التابعون أنفسهم مجمَّدين، وانتقل الحُكْم إلى تابعي التابعين.

قضيتُ شهورًا وأنا أعرض شريحتي الزمنية على طبقات من التابعين ومساعديهم، قبل أن أتمكن من الوصول إلى جهاز المحاكاة الخاص بالحاكمة. وانتظرتُ أن تأتيني كلماتها.

خاطبَتْني أخيرًا قائلةً: «ليس لدينا أيّ سجل لأي زمن مفقود»، وانتشرت كلماتها عبر الغرفة كذبذبات صوتية خافتة، ثم غاصت في الجدران، دون صدى.

قلتُ لها: «هذه الشريحة تعود إلى ما قبل سجلات الزمن»، وتوقفت حتى تنتشر كلماتي في أرجاء الغرفة بالطريقة نفسها، وحتى تنتقل أفكارها الاصطناعية المعقدة عبر شبكة من الآلات، التي تتواصل من خلالها مع العالَم. أردتُ أن تعود بها تلك الآلات إلى أي جانب بشري منها، ظل مخفيًا في مكان ما، عميق، ومظلم، ومَصُون.

مرَّ وقت طويل، كما توقعت. يستغرق التفكير وقتًا، والعقل البشري يحتاج وقتًا أطول مما تحتاجه أجهزة المحاكاة، التي لا تملك إلا أن تفحص مجموعة محدودة من الاحتمالات.

أخيرًا سألتني: «متى؟»

أجبتها: «عندما كنتِ طفلة»، وتابعت: «كنتِ صغيرة، ربما في الرابعة أو الخامسة من عمرك، تسيرين بمحاذاة مجرى مائي طويل، في وادٍ جبلي صغير، ترهفين السمع إلى صوت الماء المتحدِّر على الصخور، في وقت ما بعد الظهيرة، في يوم مشمس في أواخر الصيف. كنتِ سعيدة وحُرَّة. لم يكن من السهل عليَّ العثور على وقتٍ كهذا».

قالت لي: «أرِني».

فتحتُ شريحة الزمن، وبسطتُها على سطح الطاولة المتسع. أَخَذَت الشريحة تتمدد؛ لتصبح أكبر فأكبر، وتكتسب واقعية أكثر كلما نَمَت. تلألأت المياه والجبال تحت نور الشمس المتسلل من بين الأوراق؛ مما جعل الهواء دافئًا ومنعشًا. كان بوسعي أن أشعر بنسمة عليلة، وأن أسمع هدير الماء في الجدول. لقد استغرقني الأمر سنوات عدة لألتقط تلك الشريحة من الزمن.

مر مزيدٌ من الوقت، كما توقعت. يدعوه خبراء الآلات «الكُمُون»؛ وهو الوقت الذي تستغرقه المعلومات لتنتقل من هنا إلى هناك، ثم تعود؛ وهو الوقت الذي استغرقه جهاز المحاكاة لتمريرٍ عرضي إلى الإنسان القديم القابع في مكانٍ ما تحت طبقات من المحاكاة الاصطناعية، وخلف تابعين بشريين كرَّسوا أنفسهم لعبودية تعود عليهم بالنفع، يُضاف إليه الوقت الذي استغرقته الحاكمة لترسل رَدَّها إلى جهاز المحاكاة. كان بوسع أجهزة المحاكاة أن تؤخِّر الرد، ولكن لا يسعها إلا أن تطيع؛ فقد كانت الحاكمة هي صاحبة السلطة المُطْلَقَة. يُفترَض بها أن تكون كذلك؛ هكذا حدَّثتني نفسي، آملًا ألا تكون الحاكمة مجرد حفنة من التراب داخل صدفة فارغة، مُلقاة في مكان ما في عمق الأوليجاركية.

وفجأةً، أتاني صوتها أكثر شبابًا، ومفعمًا بالأمل: «تستطيع أن تحصل على الثمن الذي تريد».

تبسمت قائلًا: «ستستمتعين بالشريحة الزمنية»، آمِلًا ألا يكون أحدنا كاذبًا. تَمَثَّل ثَمَني في أن تُنْزِلَني منزلة عالية، بوضعي على رأس تابعيها، تمامًا خلف آخِر طبقة من التابعين الذين تم تجميدهم؛ ليُضافوا إلى رصيد السلطة والمحاكاة. وبذلك.. تؤول إليَّ السلطة، وليًّا عنها، وعن كل تابعيها الأكبر مني في هرم السلطة المجمَّد، إلى أن يطول عليَّ الأمد، فأمضي ساعيًا وراء الشريحة التي تَخُصُّنِي من الزمن. ■

جيف هيكت مراسِل لصالح دورية «نيو ساينتِسْت» *New Scientist*، يعيش في بوسطن، ومحرِّر مساهِم في مجلة «ليزر فوكَس وورلد» *Laser Focus World*.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature الطبعة العربية
يونيو 2016 / السنة الرابعة
ARABICEDITION.NATURE.COM
العدد رقم: 45
npg